

# Diseño de un socket ajustable para prótesis





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# Diseño de un socket ajustable para prótesis

Nallely Hernández Pérez  
2010



# Diseño de un socket ajustable para prótesis

Tesis Profesional que para obtener el Título  
De diseñador Industrial presenta:  
**Nallely Hernández Pérez**

Con la dirección de:

**Dr. Jesús Manuel Dorador González**

Y la asesoría de:

**D.I Roberto González Torres**

**D.I Juan Carlos Ortiz Nicolás**

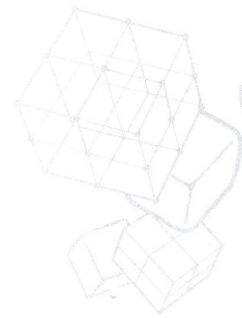
**D.I Sergio Torres Muñoz**

**D.I Joaquín Alvarado Villegas**

“Declaro que este proyecto de tesis es totalmente de mi autoría y que no ha sido presentado previamente en ninguna otra Institución Educativa”.

Y autorizo a la UNAM para que publique este documento por los medios que juzgue pertinentes.





**Coordinador de Exámenes Profesionales**  
**Facultad de Arquitectura, UNAM**  
**PRESENTE**

**EP01** Certificado de aprobación de  
 impresión de Tesis.

El director de tesis y los cuatro asesores que suscriben, después de revisar la tesis del alumno

NOMBRE **HERNANDEZ PEREZ NALLELY** No. DE CUENTA **301114385**

NOMBRE DE LA TESIS **Diseño de un socket ajustable para prótesis**

Consideran que el nivel de complejidad y de calidad de la tesis en cuestión, cumple con los requisitos de este Centro, por lo que autorizan su impresión y firman la presente como jurado del

Examen Profesional que se celebrará el día \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ a las \_\_\_\_\_ hrs.

ATENTAMENTE  
 "POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
 Ciudad Universitaria, D.F. a 20 de mayo de 2010

NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE DR. JESUS DORADOR GONZALEZ	
VOCAL D.I. ROBERTO GONZALEZ TORRES	
SECRETARIO D.I. JUAN CARLOS ORTIZ NICOLAS	
PRIMER SUPLENTE D.I. SERGIO TORRES MUÑOZ	
SEGUNDO SUPLENTE D.I. JOAQUIN ALVARADO VILLEGAS	

ARQ. JORGE TAMÉS Y BATTA  
 Vo. Bo. del Director de la Facultad

# Ficha técnica

Este producto está dirigido a jóvenes amputados de 19 a 24 años, el socket ajustable es para actividades de uso moderado, esto es que se usará dentro del hogar, para salir a la calle y realizar actividades cotidianas; como caminar, subir escaleras, ir de compras, al parque, etc.

El socket se venderá en tiendas especializadas en prótesis y órtesis promoviendo su venta también en el sector salud público y privado.

Este producto es estándar con procesos de automatización, todas sus piezas son intercambiables lo cual es una ventaja frente a su competencia, ya que actualmente se realizan los sockets artesanalmente.

Se adapta a los cambios de volumen del muñón, mediante un sistema de ajuste por aire el cual está patentado por la Universidad Nacional Autónoma de México.

En los aspectos ergonómicos se adapta a la anatomía de los usuarios con ayuda de materiales de última generación, siendo seguro.

En el aspecto estético, este producto se ofrece al paciente cuando ya está en la etapa de aceptación, actualmente se maneja una tendencia de alta tecnología en piezas de prótesis haciendo notar su configuración parecida a la de un robot (entidad mecánica artificial, aplicada a la medicina), que las piezas elaboradas se puedan personalizar mediante

colores, o alguna textura en estampado; esto genera que el usuario se apropie del objeto y cause una relación con el mismo y una respuesta emocional al verlo.

Asesoría para este proyecto:

**Dr. Jesús Manuel Dorador González:** En documento, en la parte de ingeniería del proyecto y funcionamiento del socket.

**D.I Roberto González Torres D.I Juan Carlos Ortiz Nicolás:** En diseño, en ergonomía y estética del proyecto, procesos de producción y funcionamiento del socket.

**D.I Sergio D.I Sergio Torres Muñoz, D.I Joaquín Alvarado Villegas:** Procesos de producción y documento.

**Lic en órtesis y prótesis Francisco Arnedáriz (INR):** En el desarrollo del socket ajustable para el simulador, orientación sobre sockets en la actualidad, tipos de materiales y procesos, y explicaciones de términos médicos.

**Ing. Biomédico Carlos Gastélum (INR):** Orientación sobre sockets en la actualidad, comentarios sobre el diseño del socket ajustable, explicaciones de términos médicos aplicados a los sockets, precios en materiales usados actualmente.

**Protesista Alejandro Zetina:** Explicación en los procesos de medición en los pacientes amputados, toma de mediciones, y el proceso para generar sockets actualmente.

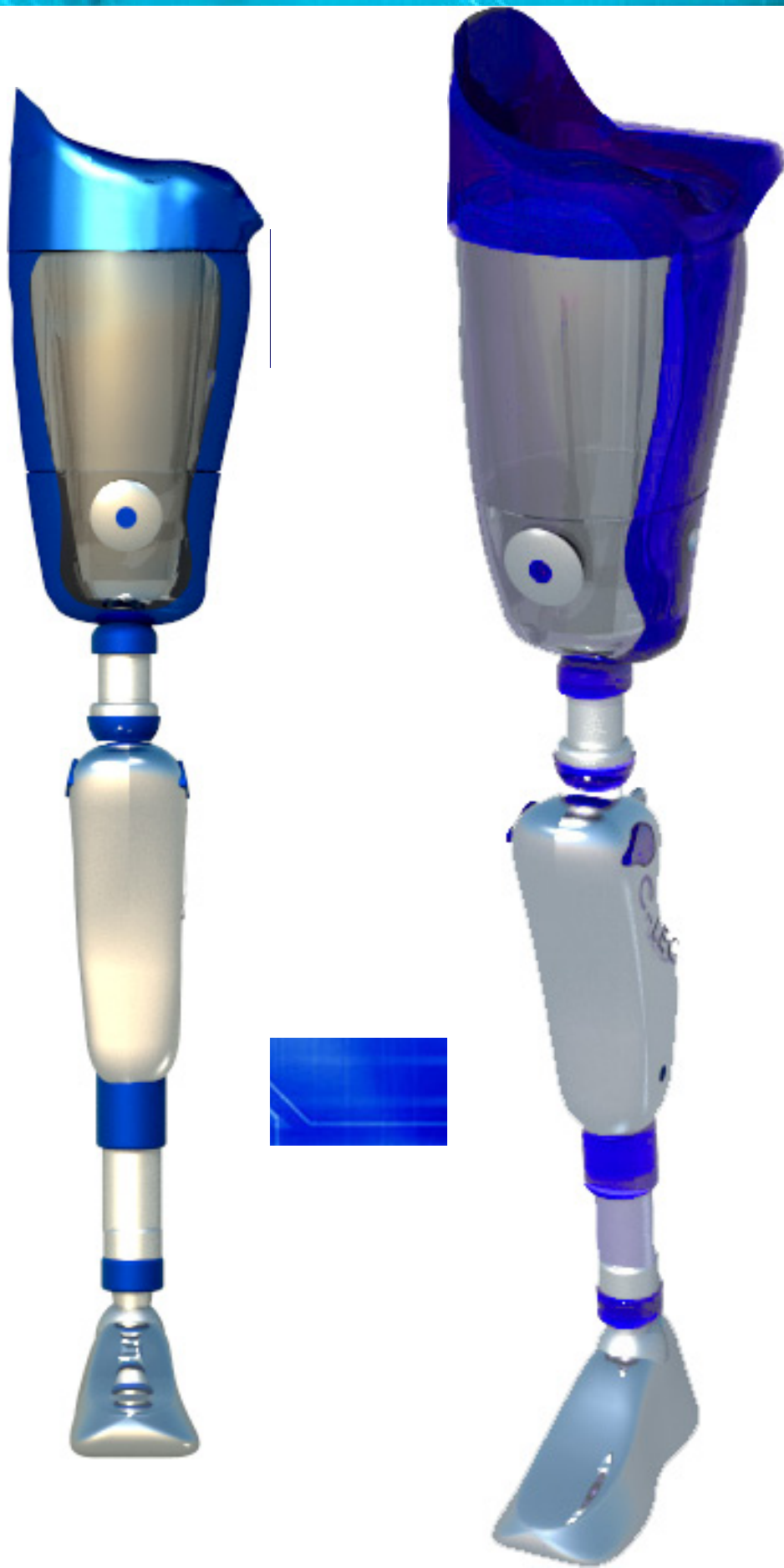
**Maestra en Ing. Hanna Guerra:** En la parte de ingeniería del proyecto, materiales y su resistencia, en el sistema de ajuste por aire.





# Diseño de un socket ajustable para prótesis





# Diseño de un socket ajustable para prótesis ▶

Nallely Hernández Pérez

Un sutil pensamiento erróneo puede dar lugar a una indagación fructífera que revela verdades de gran valor. *Isaac Asimov*





**A mi familia por su apoyo a lo largo de este proyecto:**

**A mi mamá por su comprensión y dedicación en mi formación y por su cariño.**

**A mi padre por mostrarme su apoyo total en todos los aspectos de mi vida.**

**A mi hermano por sus consejos y comentarios llenos de una gran sabiduría.**

**A mis amigos en especial a Yareni y Juan Carlos por escucharme con atención y por su ayuda.**

**A todos y cada uno de los profesores que participaron en mi desarrollo profesional y personal.**

**Gracias a todos por hacer esto realidad.**



# Contenido

## 1 INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

- 2 1.1 Origen del proyecto
- 3 1.2 Objetivo y alcances
- 4-5 1.3 Causas de una amputación y problemas frecuentes en amputados femorales

### CAPÍTULO 2. PERFIL DE DISEÑO DEL PRODUCTO

- 6 2.1 Definición del producto
- 6-8 2.2 Descripción del socket ajustable para miembro inferior en los factores: mercado, función, producción, ergonomía, estética.
- 9 2.3 Conclusión de la competencia (tabla comparativa de precios Capítulo 4 subcapítulo 4.3)

### CAPÍTULO 3. DESARROLLO DEL PROYECTO

- 10-16 3.1 Memoria descriptiva
- 16-20 3.2 Propuestas de diseño
- 20-24 3.3 Documentación y resultados de modelos experimentales
- 24-37 3.4 Diseño final
- 38-41 3.5 Planteamiento de costos
- 42-55 3.6 Planos

### CAPÍTULO 4. DOCUMENTACIÓN E INVESTIGACIÓN

#### *FUNCIÓN*

- 56-57 4.1 Funciones del miembro inferior (pierna)
  - 57 • Definición de prótesis y Amputación transfemoral
- 57 4.2 Definición de socket
  - 57-58 • Sockets utilizados en amputación transfemoral
  - 58-59 • Socket cuadrilateral
  - 59 • Socket de contención isquiática
  - 60-63 • Sockets Flexibles

#### *MERCADO*

- 63-65 4.3 Competencia (con tabla comparativa de precios)



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **PRODUCCIÓN**

- 65**  
**65-68**  
**69-70**  
**71-72**
- 4.4** Fabricación actual de los sockets para miembro inferior
- Ejemplo 1: Fabricación Össur
  - Ejemplo 2: Fabricación Otto-bock
  - Ejemplo 3: Fabricación protesistas- México

## **ERGONOMÍA**

- 73**  
**73-74**  
**74-75**
- 4.5** Definición de Antropometría
- Tablas antropométricas de la población latinoamericana
  - Percentiles
- 76-77**  
**77-78**
- 4.6** Definición de Ergonomía y Ergonomía del producto
- Evaluación de un producto

## **ESTÉTICA**

- 79-81**  
**81-86**  
**86-87**  
**87-89**
- 4.7** Definición de estética y semántica
- Diseño del producto: Semántica y respuesta emocional
  - Significado de los colores
  - Experiencia en el producto

## **CONCLUSIONES DEL PROYECTO**

**90**  
**91-96**

**GLOSARIO**

## **REFERENCIAS**

## **ANEXOS**

- 98-101** (A) Dimensiones (antropometría) de 2 pacientes amputados de 19 y 30 años y procedimiento para hacer las mediciones.
- 102-103** (B) Prueba de uso en dos usuarios y descripción del procedimiento
- 104-105** (C) Entrevista realizada a especialistas del INR (Ingeniero biomédico y Lic. en ortesis y prótesis) y conclusiones de la misma.
- 106-115** (D) Características de materiales seleccionados y su resistencia. Procesos de producción.
- 116-117** (E) Sistema de movilidad de Otto bock.
- 118-127** (F) Determinación del diseño final del socket ajustable para prótesis





# Introducción

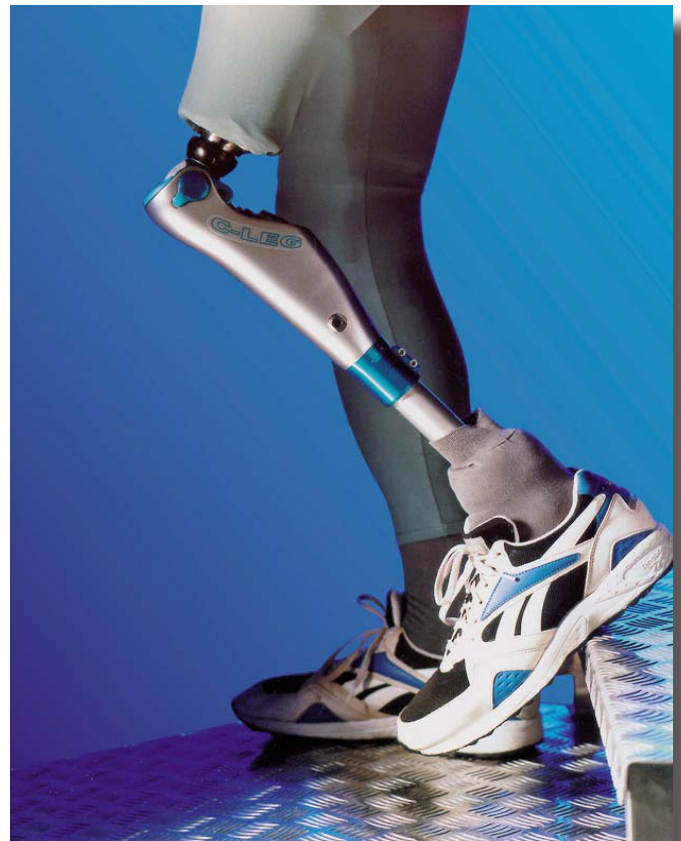
En esta tesis se presenta el diseño de un socket ajustable para prótesis, que pretende mejorar la calidad de vida de las personas que han experimentado una amputación transfemoral, surge a través de las necesidades que tiene cada paciente, es decir, el socket se podrá ajustar a los cambios de masa del muñón, ya que éste a lo largo del tiempo puede cambiar su geometría y su volumen. Si el paciente sube de peso, el muñón aumenta su tamaño y por lo tanto el socket le aprieta causando molestias y daños en la piel, por el contrario si el paciente pierde peso, el muñón se hace más delgado y es posible que el muñón salga del socket.

Estos son factores que influyen en el uso del socket, ya que el paciente se ve en la necesidad de cambiarlo y/o utilizar elementos como medias, calcetines, forros o vendas para que el muñón se pueda contener adecuadamente en el socket y el paciente sienta mayor seguridad; o que el usuario este cambiando continuamente el socket porque ya no le queda. Todo esto representa mayor inversión que no todas las personas pueden realizar.

En este proyecto se pretende alargar la vida útil del producto de tal manera que el paciente podrá ajustar el socket de acuerdo a los cambios que sufre el muñón.

Este diseño funciona mediante un sistema de ajuste, una vez que el muñón se encuentra dentro del socket el paciente podrá inflar el sistema hasta donde considere conveniente. Es importante mencionar que este sistema no existe en el mercado y que esta en proceso de patente para ser utilizado.

A través de los siguientes capítulos se mostrará el proceso de diseño que se siguió para llegar a la propuesta final.



Tecnología protésica: Ottobock



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Capítulo 1. Antecedentes

## 1.1 Origen del proyecto

El proyecto se originó en facultad de Ingeniería en el área de Mecatrónica con la tesis “**DISEÑO DE UN SOCKET AJUSTABLE PARA PRÓTESIS DE MIEMBRO INFERIOR**”.

En dicha tesis se definieron los problemas que el paciente tenía con el socket tradicional por medio de encuestas y este es el resultado que se obtuvo:

### 1. Disminución de masa muscular.

La pérdida de masa muscular se aprecia en los pacientes amputados por arriba de la rodilla con el tiempo, debido a la falta de actividad lo cual provoca un adelgazamiento del miembro.

**2. Tiempo de vida útil.** Debido a la disminución de masa muscular, el muñón cambia y el socket conserva sus características, lo que implica fabricar otro socket a corto plazo con las nuevas características del muñón.

**3. Tiempo de uso diario.** El tiempo de uso diario es limitado debido a que los sockets existentes presentan rigidez en su variedad de materiales y falta de ventilación que es necesaria para que el usuario pueda llevar a cabo actividades de la vida cotidiana. Estos problemas provocan las siguientes molestias:

- Rozamiento
- Irritación
- Incomodidad
- Se tienen que utilizar calcetas, medias, talco y otros para la fácil adaptación

Se llegó al siguiente diseño de socket ajustable en dicha tesis, sin pruebas físicas del producto como se ve en la imagen.

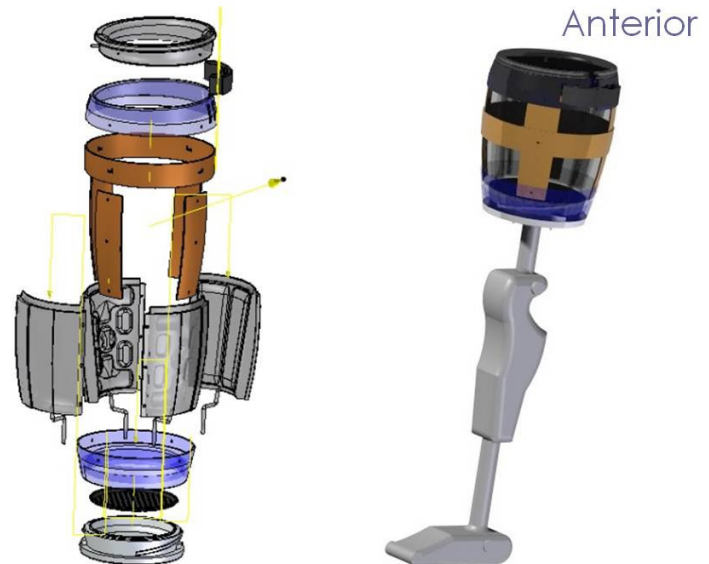


FIG. 1 DISEÑO DE SOCKET AJUSTABLE REALIZADO EN LA FACULTAD DE INGENIERÍA

En este proyecto se realizaron estudios de materiales para cada pieza que conforma el socket y el análisis de presiones en el socket de los sujetadores, así mismo se muestra la forma adecuada de las bolsas para que se adapten anatómicamente a la forma del muñón del paciente. (Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, *Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006*)

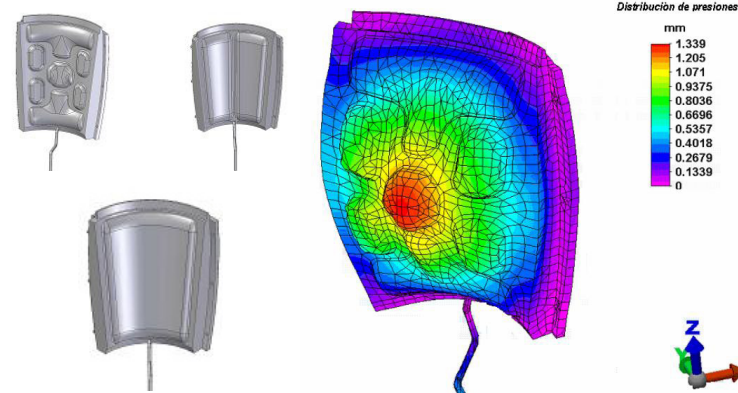


FIG. 2 Análisis de presiones en los sujetadores



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## 1.2 Objetivo y alcances

**Objetivo:** Diseñar un socket ajustable para prótesis de miembro inferior.  
**(Subcapítulo 4.1)**

**Alcances:** Diseñar la configuración del socket (carcasa, sistema de ajuste(en el cual se retoma la forma de la burbujas propuestas por ingeniería), sistema de estructura para las bolsas y abrazadera), realizar pruebas de antropometría con al menos 2 pacientes de un rango de edad de 19 a 24 años (mercado meta). Esta prueba se realizará con ayuda de un modelo escala 1:1, también se evaluará algunos puntos del uso del socket para determinar si el usuario entiende el armado del producto y si se puede colocar el socket. Y con estos resultados que se obtengan de las pruebas se hará un diseño final incluyendo las observaciones que se realizaron en todo el desarrollo de dicho proyecto. Se realizará un modelo estático para entender cada sistema del socket.

**Desventajas:** Solo se podrá realizar un modelo del socket ya que se requieren materiales y procesos específicos para construcción del mismo y no se

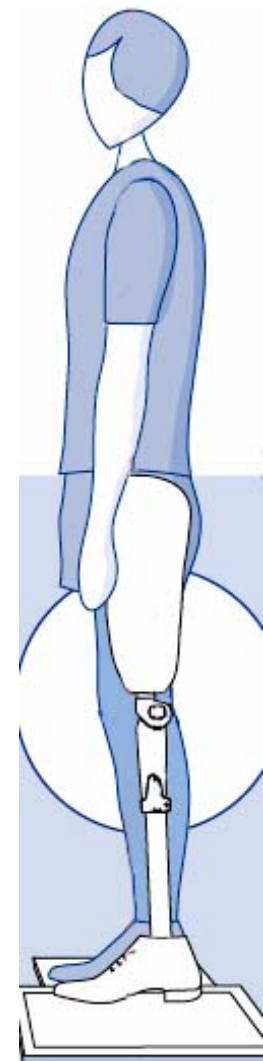
cuenta con el presupuesto adecuado para su elaboración.

**Ventajas:** Se obtendrán resultados antropométricos y de uso del socket para generar una configuración final en el producto el cual servirá para estudios dinámicos y estáticos futuros. Se generará físicamente la configuración del socket para entender el producto terminado y todos los sistemas que intervienen en el mismo. Se va a considerar que el producto sea estándar y que tenga procesos automatizados, ya que hoy en día se realiza artesanalmente.



En un laboratorio de prótesis

Socket para amputación transfemoral



## 1.3 Causas de una amputación y problemas frecuentes en amputados femorales

### Causas de la amputación

Las causas por las cuales se ve un médico en la necesidad de amputar, se pueden dividir en dos grandes categorías: patológicas y traumáticas.

► **Las traumáticas** son accidentes en los cuales se hace imposible la recuperación de un miembro. Estos pueden ser: accidentes de tránsito o arrollamientos, heridas por armas de fuego, descarga eléctrica, picadura de serpiente, castigos o juicios en ciertas sociedades (en este caso no necesariamente es un médico el que realiza la amputación).

► **Las patológicas** son aquellas en que ocurre la degeneración de un miembro por alguna enfermedad. Estas pueden ser:

\***Enfermedades vasculares;** asociadas a diabetes ó trombosis. Son causas de amputación por la formación de coágulos en los vasos sanguíneos.

\***Deformaciones congénitas;** las deficiencias de miembros congénitos se presentan en el **neonato** debido a malformaciones durante el embarazo, causadas por exposiciones a rayos X o consumo de drogas, entre otros.

• **Osteomielitis;** inflamación de la médula ósea constantemente acompañada de osteítis (inflamación de los huesos) y a veces periostitis (inflamación de la membrana adherida a los huesos para su nutrición).

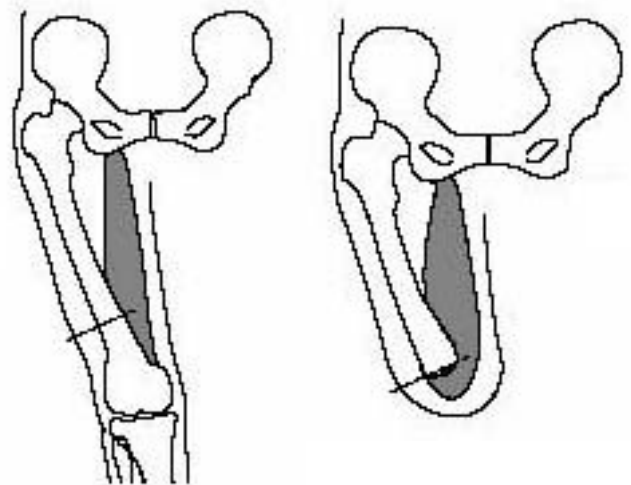


FIG. 3 Amputación a nivel transfemoral

• **Intoxicación medicamentosa** (alergias).

• **Infección;** es la respuesta del organismo al crecimiento de las bacterias dentro de los tejidos.

• **Neoplasias;** (llamada también tumor o blastoma) es una masa anormal de tejido, producida por multiplicación de algún tipo de células, esta multiplicación es descoordinada con los mecanismos que controlan la multiplicación celular en el organismo. Además, estos tumores, una vez originados, crecen aunque dejen de actuar las causas que los provocan. La **neoplasia** es conocida en general con el nombre de cáncer.

• **Deformidades congénitas o adquiridas;** defectos de la anatomía desde el nacimiento o causadas por traumatismo o enfermedad. Las personas con defectos parciales o totales de la extremidad pueden requerir intervención quirúrgica para hacer más funcional la extremidad afectada.

## Problemas frecuentes en amputados transfemorales:

- Dolor en la zona distal del muñón.
- Dolor en el abdomen bajo al sentarse.
- Heridas o úlceras en la porción distal del muñón.
- **Edema** distal del muñón.
- Formación de **granulomas** o forúnculos en el borde interno del socket.
- Marcha anormal (mala alineación de la prótesis, insuficiente adaptación entre el muñón y el socket, muñón doloroso).
- Dolor en el **isquion** (adelgazamiento del muñón, meseta isquiática mal almohadillada, etc.)
- **Maceración** de la piel distal del muñón.
- Fragilidad de la piel del muñón: aparición de heridas o úlceras con mucha frecuencia (diabetes, **dermatosis**).
- Inseguridad al caminar.
- Formación de ampollas en la piel del muñón.
- Decoloraciones en la piel (la zona ha estado sometida durante periodos prolongados de tiempo a una excesiva presión).
- Mal olor del socket.
- **Claudicación** hacia el lado de la prótesis.
- Piel reseca y quebradiza.
- Adelgazamiento del muñón.
- El peso del amputado ya no está entre los límites de la seguridad de los componentes.
- Los componentes ya no funcionan según las especificaciones del fabricante.



FIG. 4 Paciente

- El nivel de actividad del individuo ya no es compatible con los componentes utilizados, en el sentido de que los componentes están aumentando el costo de energía neta del individuo en vez de disminuirla.
- Un componente tiene que ser cambiado, pero el reemplazo no es compatible con el resto de los componentes existentes.
- Se han realizado ya tantos cambios/alteraciones de los materiales, que su integridad estructural ha sido comprometida.

Estos últimos problemas también son la causa para determinar cuándo una prótesis debe ser reemplazada.

Como puede verse, la mayor parte de estos problemas se presentan en la interfase amputado-prótesis, es decir, en el socket.

En este diseño se busca disminuir estos problemas y que el socket se acople mejor al paciente y a los cambios que éste experimenta después de la cirugía de amputación.



# Capítulo 2. Perfil de diseño del producto

En el capítulo 1 se determina el antecedente de este proyecto, en el capítulo 3 se puede ver las conclusiones del análisis que se realizó de esta propuesta.

## 2.1 Definición del producto

El diseño será un socket ajustable para amputaciones transfemorales, el cual sirve para alojar y sujetar el muñón, también establece la conexión entre el paciente amputado y la pierna artificial. Será ajustable ya que el principal beneficio del socket es que se adaptará a las variaciones volumétricas del muñón del paciente.

## 2.2 Descripción del socket ajustable para miembro inferior en los factores: Mercado, Función, Producción, Ergonomía y Estética

### Mercado

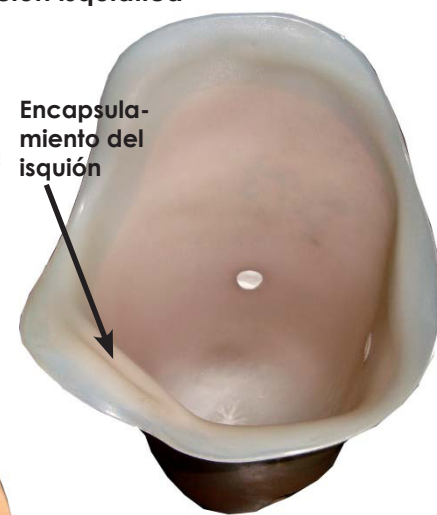
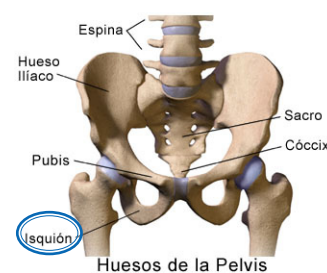
Los usuarios serán jóvenes o adultos amputados. El socket se venderá en tiendas especializadas en prótesis y ortesis, generando la posibilidad de incluirse en el sector salud público y privado. Una de las principales ventajas que tendrá es que no será necesario hacerlo a la medida de la persona en forma artesanal, sino que se estandarizará por tallas.

### Función

La función principal del socket es contener al muñón y permitirle el uso de la pierna artificial. El usuario se tendrá que colocar el socket sin ayuda de otra persona y podrá ajustarlo a su muñón. El socket ajustable se basará en el análisis de las funciones de dos tipos de socket ya existentes: el de contención isquiática y el cuadrilateral.

El socket de contención isquiática permite el apoyo de la prótesis en el hueso situado en la pelvis llamado isquion, el cual encapsula al mismo, y por su forma libera a los **abductores**. Mientras que el socket cuadrilateral tiene como característica dos presiones una anterior y una posterior (**triángulo de scarpa** y glúteo) y un apoyo isquiático sobre una superficie recta. (**Subcapítulo 4.2**)

FIG. 5 Socket de contención isquiática



Vista superior sockets para muñón izquierdo

FIG. 6 Socket cuadrilateral



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## USO DEL SOCKET TRADICIONAL:

- 1.- El paciente se sienta en una silla, para poner en posición deseada la prótesis.
- 2.- Se levanta de la silla y apoya su peso en el socket, para que entre el muñón.
- 3.- Mientras va entrando el muñón en el socket; el paciente abre la válvula para generar vacío en el socket. Esto lo sujeta al muñón.

## USO DEL SOCKET AJUSTABLE:

- 1.- El paciente se sentará en una silla, para poner en posición deseada la prótesis.
- 2.- Se coloca la prótesis, y accionará manualmente el sistema de ajuste para adaptar la prótesis a su muñón, y la sujete.



**FIG. 7** Paciente con socket tradicional  
**Producción**

Las prótesis actuales se fabrican artesanalmente, es decir se realizan a la medida del paciente.

Para lograr una estandarización, el socket se pretende producir mediante tallas, y tendría piezas intercambiables lo que genera un producto con una mayor vida útil.

La estructura se realizaría con piezas plásticas, que podrían ser elaboradas por los procesos de inyección. Existirán algunos componentes de metal para asegurar los sistemas.

Los procesos de inyección se plantearán, porque se piensa en procesos de automatización para los elementos que componen al socket ajustable.

## **Ergonomía**

El socket tendrá que adaptarse a las dimensiones del muñón del usuario, y no tendrá ninguna superficie filosa que pueda lastimarlo al hacer contacto con el muñón.

Se utilizarán medidas antropométricas de pacientes amputados para satisfacer las necesidades de esta población.

Ya que el socket tendrá piezas intercambiables, sus códigos visuales tienen que ser claros para que el mismo paciente pueda cambiar fácilmente las piezas. Tiene que ser muy seguro en sus uniones ya que la persona podrá caminar y subir escaleras con el socket sin que se desarme o se le salga la prótesis. La resistencia de los materiales de la prótesis tienen que ser normalizados para asegurar el bienestar del paciente.

## **Estética**

Se busca que el producto final tenga determinadas características como intención de diseño.

A continuación se muestran en el siguiente grupo de imágenes:



*En esta imagen se observa el cambio de texturas y color entre los elementos ya que se aprecia sobrio y tecnológico.*

*Las entrecalles que se forman en el producto indican las piezas que lo conforman.*



*En esta imagen se observa una combinación de distintas texturas y colores. El color verde en conjunto con curvaturas demuestra un dinamismo, lo cual se asocia con la juventud.*



*En esta imagen se observa el contraste que hay en los materiales: traslúcido con un opaco. Y la elegancia que se genera al combinar un color negro con plateado.*

## 2.3 Conclusiones de la tabla de competencias

En todos los casos se maneja un proceso artesanal para realizar los sockets, y ya hechos no se puede cambiar ninguna pieza.

En cuanto al precio, unos son muy caros porque tienen materiales que son durables y resistentes a los impactos y al esfuerzo que sufre el socket por cargar el peso de la persona. Una característica importante de estos sockets que fabrica Ottobock u Ossür son las diversas opciones de diseño que dan al usuario según las actividades que realiza.

Los sockets económicos no son tan durables y su material es quebradizo lo cual genera fisuras en el socket.

Considero que en precios se tiene que llegar un punto intermedio entre los dos ya que si es de baja calidad desmerecería el producto, y sería poco funcional para las actividades cotidianas del paciente, por lo tanto, el material y las uniones de las piezas tendrían que ser resistentes y la apariencia del socket tiene que ir de acuerdo con el mercado meta (19 a 24 años).

Es probable que por los sistemas que se van a emplear en dicho diseño se encarezca el producto, pero considerando que el muñón cambia de volumen después de la rehabilitación; el paciente tendrá que sustituirlo en ese periodo por la pérdida de masa muscular. Por lo tanto tiene que gastar el doble esto es alrededor de 8 mil pesos.

Si el paciente decide la opción de un socket con sistema de ajuste lo podrá seguir usando por algunos años, invirtiendo solo en un socket desde el inicio de su rehabilitación.

Si los procesos de manufactura se llevan a una mediana producción en inyección en plástico (con maquinaria sencilla) o termoformado (que no sea artesanal como la competencia que hace todo el proceso a mano), se podría abaratar con el tiempo el producto y de esta manera en un futuro bajar el costo del socket y se considere de un acceso más fácil para los pacientes amputados.

Las ventajas que veo en el socket ajustable son que es más aséptico por las piezas que se podrán intercambiar cada que se desgasten y que la estructura se podrá limpiar cotidianamente ya que se puede separar. Un beneficio es que se tendrán refacciones para cada elemento del diseño y así el paciente no invertirá de nuevo en todo el socket solo en las piezas que se lleguen a dañar; esto también es una ventaja de la automatización. La pieza con mayor relevancia en el diseño para recuperar la inversión de todo el socket son las almohadillas que pertenecen al sistema de inflado, ya que cada que se dañen se podrán comprar de manera independiente.

Ya que el producto se puede ajustar a las variaciones volumétricas del muñón y tiene piezas intercambiables lo hace bastante fuerte ante sus competidores, porque ellos no tienen esa característica. **(ver tabla de competencias en capítulo 4, subcapítulo 4.4)**

# Capítulo 3. Desarrollo del proyecto

## 3.1 Memoria Descriptiva

### Concepto

El diseño es un socket ajustable para amputaciones transfemorales, el cual sirve para alojar y sujetar el muñón, también establece la conexión entre el paciente amputado y la pierna artificial. Es ajustable ya que el principal beneficio del socket es que se adaptará a las variaciones volumétricas del muñón del paciente. (Subcapítulo 4.1)

### Mercado

Los usuarios serán jóvenes amputados entre 19 y 24 años, su actividad será moderada, esto es que solo usarán el socket para caminar en su casa y salir a la calle a realizar sus actividades cotidianas.

El socket se venderá en tiendas especializadas en prótesis y órtesis promoviendo su venta también en el sector salud público y privado. Se tomó este segmento ya que el objetivo es dar una apariencia juvenil al producto.

A continuación se muestran datos sobre niveles de amputación y cifras obtenidas del INEGI y del Sector Salud, para determinar la cantidad de población mexicana para este producto.

Según estadísticas del censo del Censo General de Población y Vivienda 2000, del INEGI existen en México 1 795 300 personas con algún tipo de discapacidad, de las cuales 943 717 son hombres y 851 583 son mujeres; 50.9% cuentan con un rango de edad de 14 a 64 años.

Dentro de los tipos de discapacidad que se presentan con mayor frecuencia en México son dos: la discapacidad motriz (45.3%) y la discapacidad visual (26%) (FIG.8).

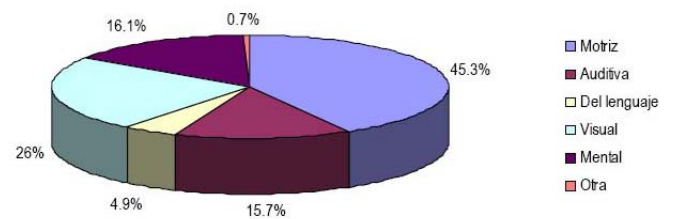


FIG.8 Tipos de discapacidad  
(INEGI 'XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2000')

El INEGI establece como causas de la discapacidad diferentes factores clasificados como se muestra en la figura 9.

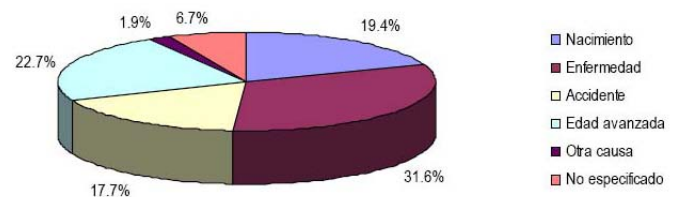


FIG.9 Causas de la discapacidad  
(INEGI 'XII CENSO GENERAL DE POBLACIÓN Y VIVIENDA 2000')

En la actualidad la principal causa de la amputación es por Diabetes Mellitus, se estima que en México más del 8% de la población entre 14 y 64 años padece diabetes y cerca del 30 % de los afectados desconoce que la tiene, lo que significa que existen más de 4 millones de personas enfermas, de las cuales más de 1 millón no está diagnosticado debido que se trata de una enfermedad asintomática en sus primeras etapas.

Se calcula que solo 200,000 diabéticos están correctamente controlados en México.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Según reportes de la Secretaria de Salud, **en el año 2000 se amputaron 75,000 piernas en México.** Se calcula que dichas cifras son aún mayores tomando en consideración las amputaciones que se realizan por la práctica privada y todos aquellos casos no reportados. (Hanna Leslye García Guerra, *Diseño de un socket autoajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2009*)

Se obtuvo información sobre estadísticas de la población estadounidense: (A. Bennet Wilson, *A primer on limb prosthetics, Department of Orthopedic Surgery and Rehabilitation Medical School, University of Virginia*)

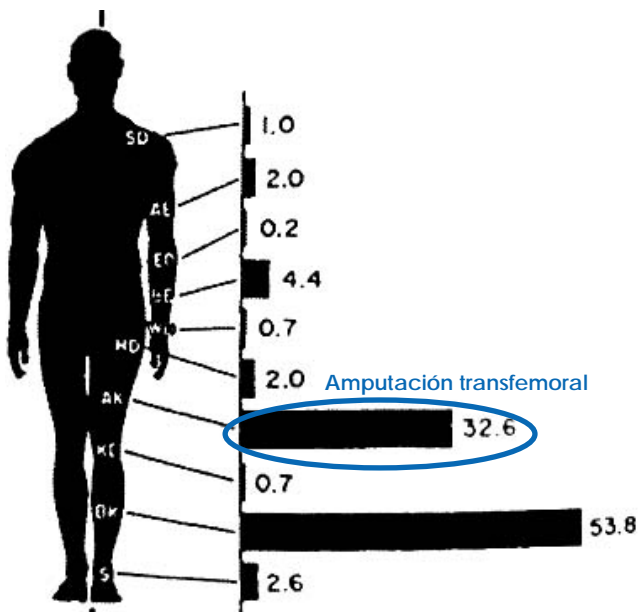


FIG.10 Distribución de amputados por lugares de amputación

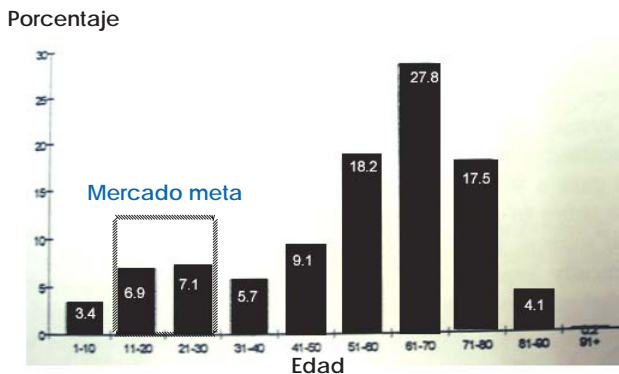


FIG.11 Distribución de amputados por edad

Los datos que se obtuvieron para determinar el mercado son importantes ya que por medio de éstos se puede determinar opciones de procesos de producción.

### Conclusiones del análisis del socket realizado en la Facultad de Ingeniería:

El diseño actual se realizó basándose en un análisis previo que se llevo a cabo en la Facultad de Ingeniería, en el área de Mecatrónica; retomando características del sistema de inflado como son las burbujas de las bolsas de aire y resistencia de materiales para proponerse en este proyecto.

A continuación se realizará una explicación de las decisiones en el diseño basados en los cuatro factores determinantes (función, producción, ergonomía, estética) y en la información e investigación documentada (Capítulo 4).



FIG.12 Diseño realizado por la Ingeniera Hanna García

- Se realizará una reducción de piezas en el socket en un 30% (en comparación con el diseño realizado en ingeniería), para hacer más claros los códigos visuales
- La configuración del socket, se hará más cercana al perfil anatómico de la pierna.



- Se utilizará como herramienta del diseño en la parte estética la semántica (colores), para que el usuario se identifique con el producto.
- Se hará un nuevo diseño de sujeciones entre los elementos del socket, de estructura, abrazadera, que se pueda adaptar a la anatomía y necesidades del usuario.
- Se resolverá el sistema de inflado mediante válvulas.

### **Función**

#### **Requerimientos:**

#### **Funciones principales del socket ajustable**

- Alojamiento: Cómo va a entrar el muñón al socket.
- Sujetar: Permitir que el muñón se mantenga estable dentro del socket.
- Amoldar: Cómo se va adquiriendo y ajustando la forma del muñón.
- Apoyar: Cómo va a descansar la parte distal (baja) del muñón dentro del socket.
- Amortiguar: Cómo va a disminuir la sensación a los impactos.

#### **Requerimientos de cada sistema (particulares)**

- Sistema de ajuste por aire: Para compensar la pérdida de masa muscular.
- Abrazadera: Para sujetar el socket al muñón, y que no se caiga o resbale el socket.
- Estructura (Carcasa): Contener al muñón y dar soporte al socket, sirve de unión entre la pierna artificial y el socket
- Soporte: Amortiguar el movimiento generado por el muñón para que no se lastime.
- Sistema de sujeción: Es el que une a cada pieza del socket asegurando el muñón.

#### **Pasos del uso del socket ajustable:**

1. El paciente sentado, introduce el muñón en el socket
2. Acciona el sistema de ajuste manualmente con la ayuda de una bomba de aire, para que se ajuste a su muñón



FIG.13 Colocación de una prótesis

#### **Producción**

Se realizaron dos propuestas de acuerdo con el volumen de ventas de dicho socket:

- **Por inyección de plástico:** Ya que genera una mejor calidad en el producto, son más resistentes y seguras las piezas que resulten de este proceso. Aunque esto depende del número de productos que se vendan, y si se utiliza una maquinaria sencilla puede resultar no muy costoso. Y se debe considerar a la población mundial, como lo hacen empresas con alta tecnología actualmente (ottobock, Ossür)
- **Por termoformado y pegado de piezas,** para asegurar el bienestar del paciente. Este proceso sería más económico para el paciente, pero todo depende de la demanda del producto.

## Ergonomía

**Antropometría:** Se realizará un modelo experimental basado en tablas antropométricas de la población latinoamericana, tomando el segmento de población: jóvenes de 19 a 24 años. Para generar un rango de medidas finales ya que en México no existen datos de medidas de amputados, se realizarán toma de medidas en dos pacientes.

De las medidas de tablas antropométricas latinoamericanas se tomaron los siguientes datos:

**De hombres mexicanos de 18 a 24 años. Y estudiantes cubanos de 18 años.**

**\*Altura de codo flexionado**

**\*Altura de muñeca**

y se resto para obtener la medida aproximada de la cintura al muslo. De esta manera se genera una medición aproximada para la altura del socket: **Máximo 23.3 cm, Mínimo 19.8 cm (Esta medida que se resto no es valida; solo es para generar una aproximación en volúmen de socket para el modelo experimental, y no esta avalada por un experto en la materia).**

Es importante mencionar que se tomaron las medidas de los **percentiles 5,50 y 95** y se generó una medida promedio para realizar este primer modelo experimental en 3d y posteriormente físicamente y saber como se comporta el objeto a las dimensiones de los usuarios.

Datos por percentiles (medidas en mm) (FIG 14):

(Fig.14)	5	50	95
8	973	1055	1131
9	752	832	918
8-9	221	<b>223</b>	213

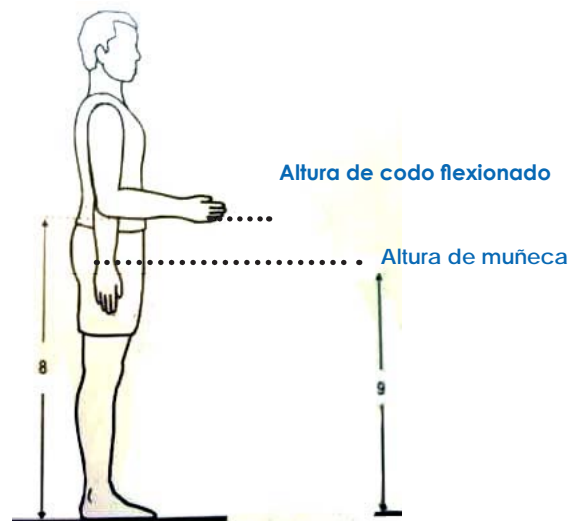


FIG.14 Alturas tomadas para generar una aproximación de volúmen de socket experimental

(ÁVILA, Chaurand Rosalío. et.al. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Centro universitario de arte, arquitectura y diseño, UDG. 1ª ed) Guadalajara Jalisco, México, 2001)

**Ergonomía del producto:** Se realizará un análisis de uso del producto, para saber si los pacientes amputados ubican como armar el socket ajustable, y si lo pueden meter al muñón adecuadamente. Que en la configuración de su forma indique su modo de uso. (ver subcapítulo 4.5 y 4.6)



FIG.15 Prueba de alineación para la prótesis, y prueba de marcha

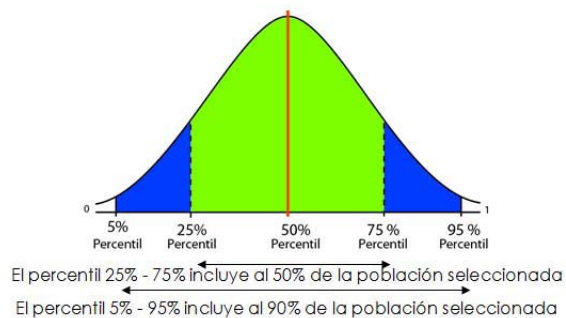


FIG.16 Grafica que ilustra la distribución de percentiles

### **Características generales que tiene que cubrir el diseño del socket:**

- Ligero. (Peso adecuado, que el paciente se sienta ágil al caminar y no cree un daño posterior en alguna parte del cuerpo.)
- Ajustable. Que el socket se pueda adaptar (ajustar) al muñón conforme éste vaya cambiando su forma.
- Durable. Que el tiempo de vida sea prolongado.
- Seguro. (Soporte el peso corporal, bien alineado, mayor estabilidad y que evite que la prótesis se mueva o se resbale brindándole al paciente seguridad al caminar.)
- Cómodo. (Que el socket sea lo más confortable posible y que el paciente no sienta molestias.)
- Apariencia estética. (Tamaño adecuado, que no se detecte bajo la ropa cuando el paciente tenga puesta la prótesis, que sus códigos de uso se identifiquen rápidamente)
- Mantenimiento.(Fácil de limpiar, que se pueda conservar en buenas condiciones a medida que pasa el tiempo, por lo tanto que sus piezas sean intercambiables)

### **Estética**

En este producto se manejará la semántica como herramienta de diseño, la cual se utiliza para dar un significado (por medio de una interpretación, símbolo o expresión) del producto al usuario.

Los productos tienen un lenguaje, el cual es dado por el mensaje que quieren dar los diseñadores, por lo tanto el receptor tendrá una respuesta o un símbolo al ver un producto,

y habrá algunos usuarios que no lo entenderán ya que cada persona tiene su propia lengua para entender los productos, y esto depende de su edad, nacionalidad y cultura.

Existen 4 funciones semánticas en los productos: describir (manera de usar un producto), expresar (valores y calidades del producto), identificar (su origen, naturaleza, colocación de las piezas, conexión con el sistema, familia), señalar (impulsos que genera el producto al usuario para que reaccione de determinada manera "ten cuidado" porque el producto es de vidrio).

Las funciones semánticas deben hacer el producto comprensible y las piezas del producto deben comunicar un mensaje para que el usuario perciba como se usa el producto. Ya que el objeto se debe entender por si mismo tiene señales semánticas que indican como se maneja un producto, ejemplo: las estrías en una tapa rosca indica que se puede abrir girándola con los dedos.

En este producto se maneja el sistema emocional de respuesta, que es asignar un valor emocional a diversos estímulos y es lo que afecta a estos estímulos en el diseño de productos.

FIG.17 Sistema emocional de respuesta



Este valor es el color los cuales afectan el bienestar emocional del humano. El contraste entre los colores genera una respuesta emocional (Allegos 1999). Crean asociaciones simbólicas las mezclas de colores. Ejemplo: (Fabri 1967) Rojo y oro= Nobleza, Rojo y amarillo= Extensión. Antes así se percibían los colores; sin embargo actualmente se ven como simbólicos y psicológicos (que sensaciones provocan en el usuario). El color a menudo se relaciona con aspectos de diversión. **(OYA DEMIRBILEK and BAHAR SENNER, Product design, semantics and emotional response, pp. 1346-1358)**

Para esta aplicación se toma la siguiente tabla de colores los cuales dan determinado significado al usuario (se tomo la muestra de una población de 400 personas). **(Eva Heller, La psicología de los colores, Barcelona 2004, Gustavo Gili) (ver subcapítulo 4.7)**

**Lo moderno:** plata 18% - negro 15% - blanco 14% - azul 12% - naranja 11%

**Lo técnico / lo funcional:** azul 22% - plata 19% - gris 18% - blanco 16% - negro 12%

**La elegancia:** negro 30% - plata 20% - oro 16% - blanco 13%

**La inteligencia:** azul 25% - blanco 25% - plata 15%

**La ciencia:** azul 22% - blanco 20% - gris 15% - plata 14%

**La concentración:** azul 23% - blanco 18% - negro 15% - gris 12%

**La independencia:** azul 28% - verde 15% - negro 11% - oro 9% - amarillo 8%

**La deportividad:** azul 32% - blanco 20% - verde 12% - plata 10%  
 Lo masculino: azul 36% - negro 28% - marrón 15% - gris 7% - rojo 5%  
 Lo ligero: blanco 37% - amarillo 21% - rosa 12% - plata 8% - azul 8%



**FIG.18** Significado de los colores

En base a la información obtenida en los 4 factores se generaron conceptos para determinar el diseño sobre el cual se trabajará en modelo 3d y físico.

### 3.2 PROPUESTAS DE DISEÑO

Se trabajo sobre dos configuraciones una circular y otra elíptica en ambas se realizaron propuestas juveniles y para adultos.

1.- Para jóvenes hombres de 19 a 24 años: Tecnológico, dinámico.

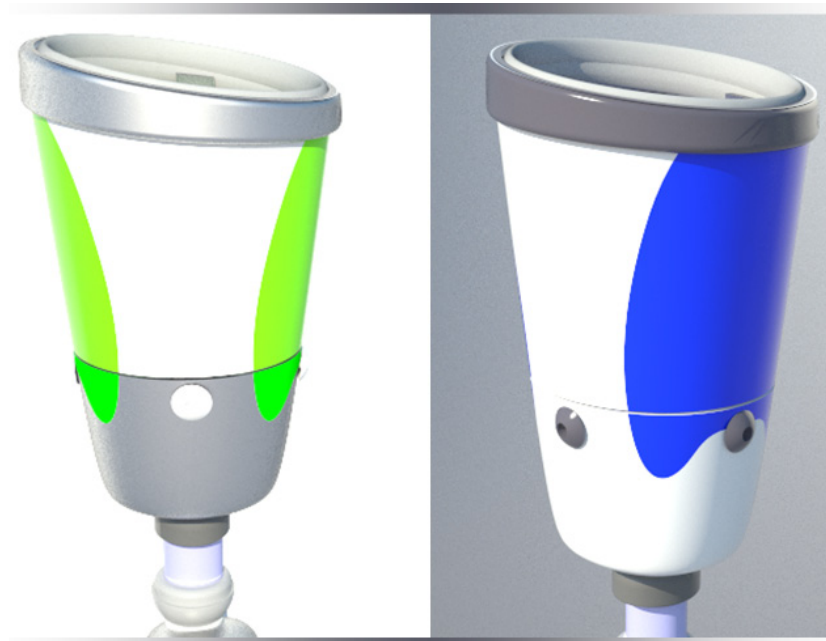
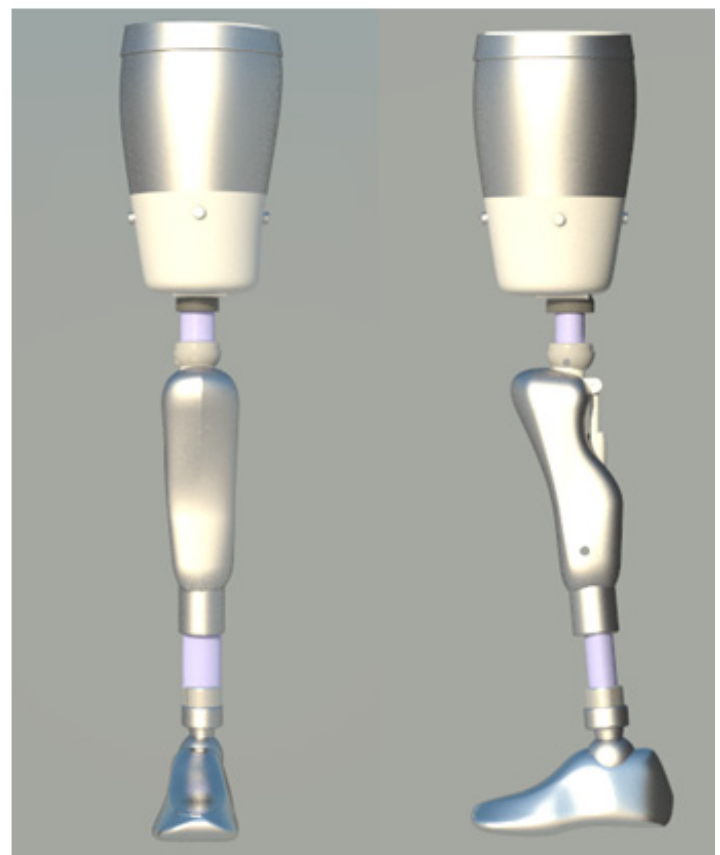


FIG.19 Diseño de socket elíptico para jóvenes de 19 a 24 años



FIG.19 Diseño de socket circular para jóvenes de 19 a 24 años

PROPUESTA 1



LIBTH- G

2.- Para adultos: Elegante y tecnológico  
Este concepto se planteo para adultos de 30 a 40 años



FIG.20 Diseño de socket elíptico para adultos de 30 a 40 años

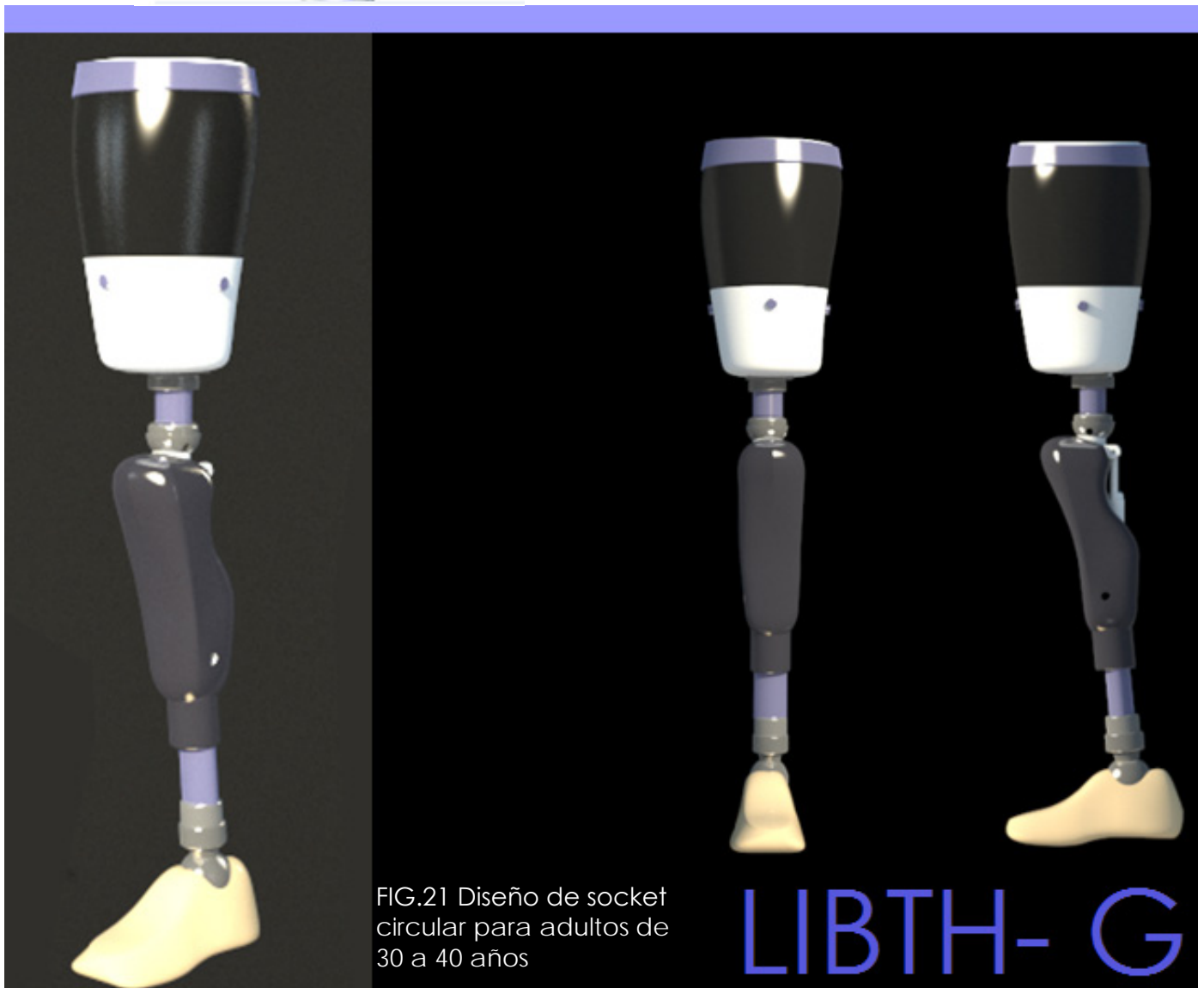


FIG.21 Diseño de socket circular para adultos de 30 a 40 años

LIBTH- G

Diferencias en vista frontal y lateral de cada propuesta:

Propuestas que por su geometría son fáciles de realizarse en producción por medio de inyección o termoformado.

La propuesta circular (FIG.22) se acerca más al perfil de la pierna por su curvatura superior.

Mientras que en la propuesta elíptica se genera una geometría más cónica.

La inclinación que diseñó en la abrazadera indica si el socket es derecho o izquierdo.

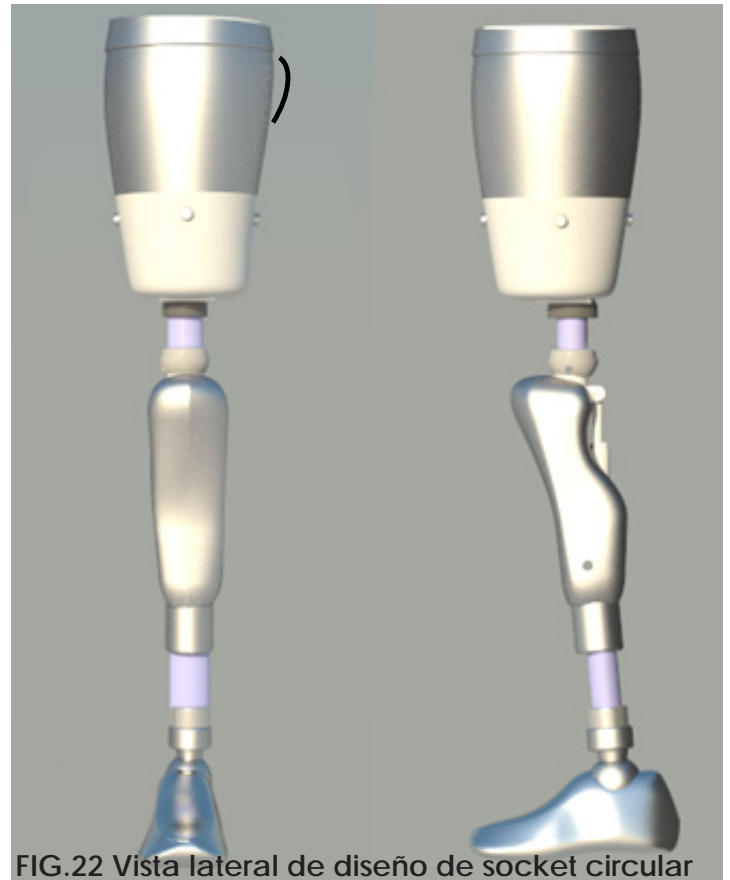


FIG.22 Vista lateral de diseño de socket circular



PROPUESTA 2

FIG.23 Perspectiva del diseño de socket elíptico

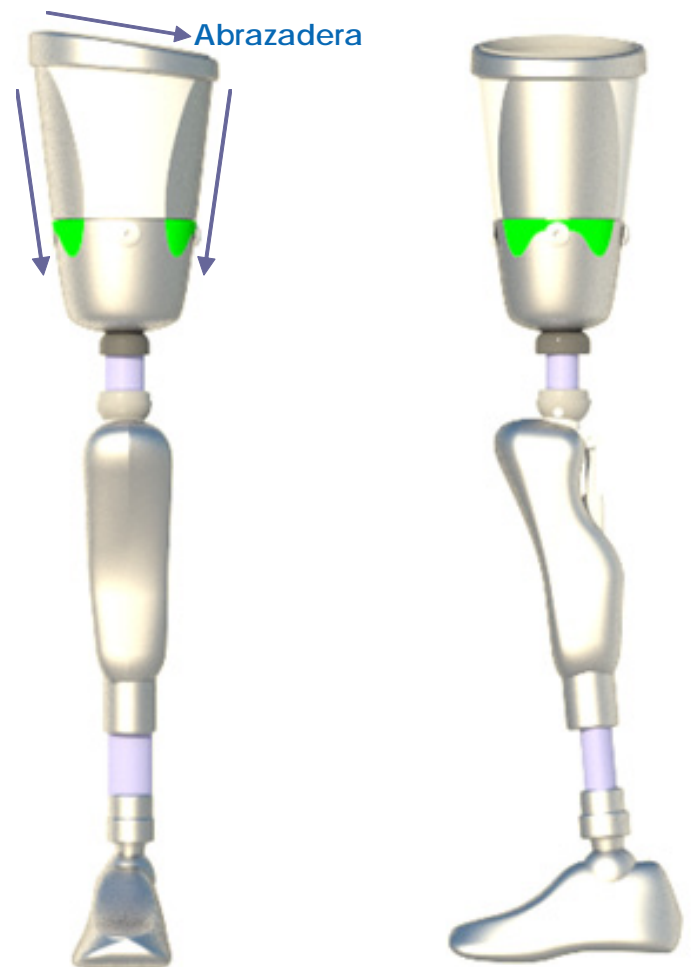


FIG.23 Vista lateral de diseño de socket elíptico

En esta imagen se puede observar la vista superior de cada propuesta.

Se decidió desarrollar el diseño circular que se realizará en modelo, ya que es el más parecido al perfil de la pierna y tomando en consideración el espacio del sistema de ajuste por aire es el más adecuado para adaptarse al muñón por su estructura anatómica.

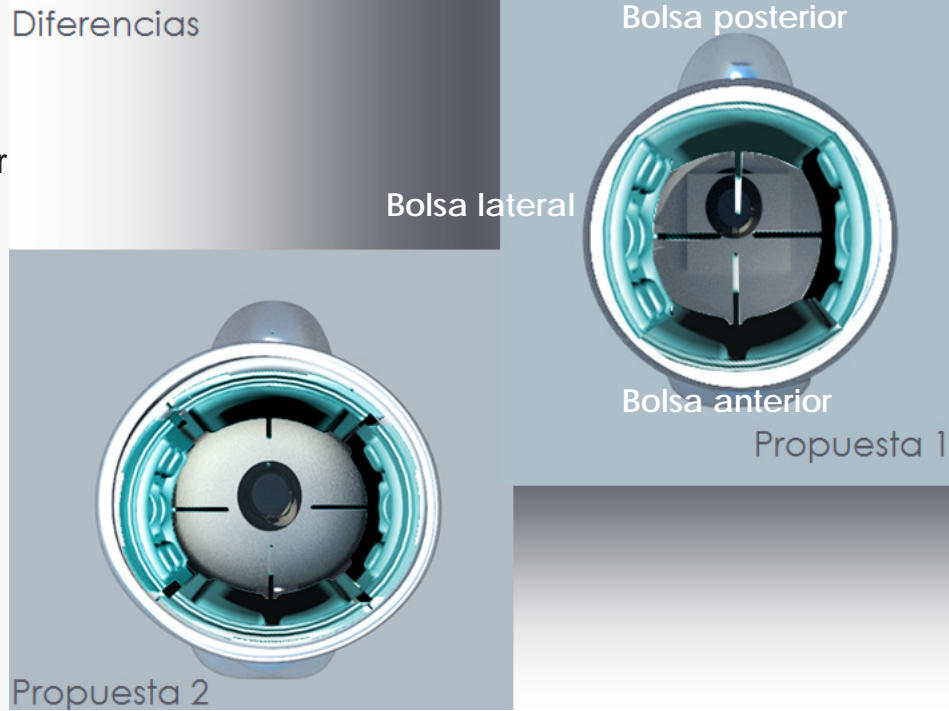


FIG.24 Vista superior de diseño de socket elíptico y circular

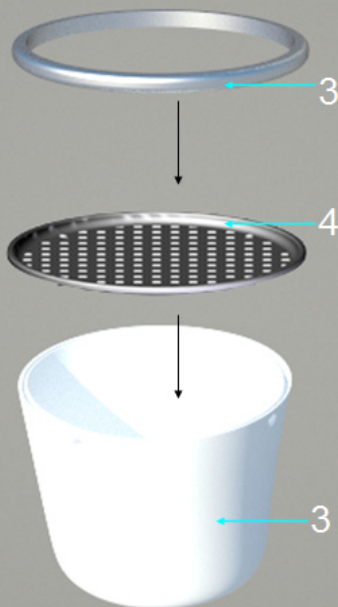
Y de esta manera el paciente no sufra alguna molestia. Se aplicarán los colores establecidos para jóvenes de 19 a 24 años (FIG 19).

### 3.3 Documentación y Resultados de modelos experimentales

Se modelaron las piezas en 3d del modelo para determinar cada elemento de los sistemas que componen al socket:

En la parte de función se determinaron los siguientes sistemas:

- 1.- Sistema de ajuste por aire
- 2.- Abrazadera
- 3.- Estructura (carcasa)
- 4.- Malla
- 5.- Sistema de sujeción (pernos)





Uniones del socket ajustable:

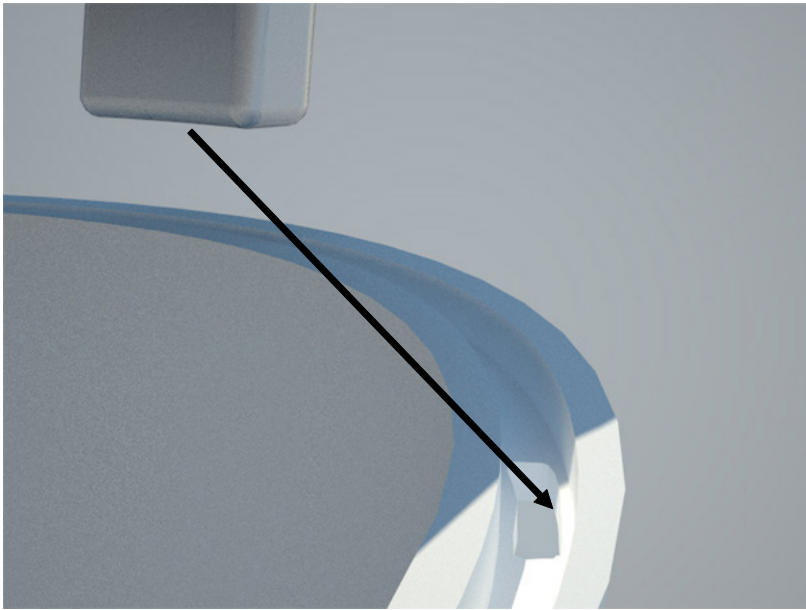


FIG.26 Detalle de la unión de la estructura del socket

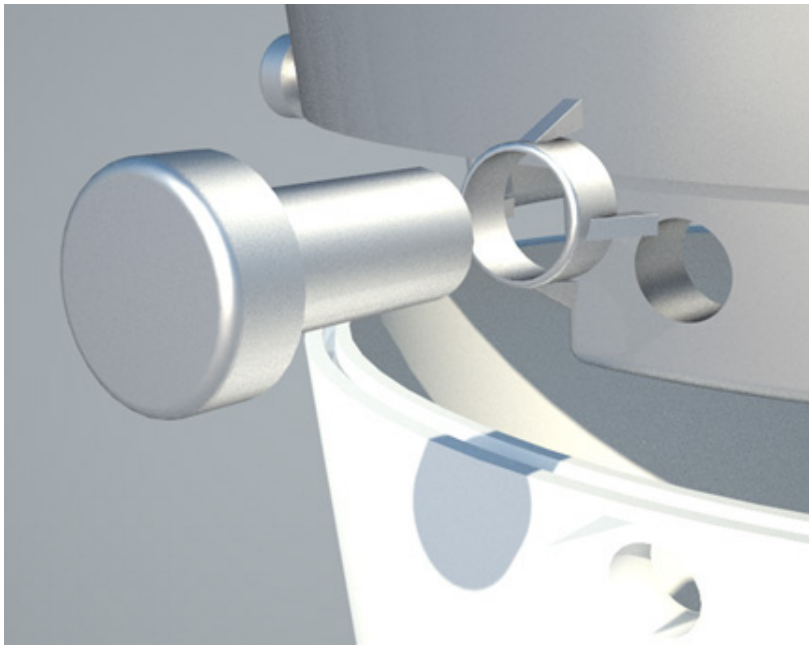


FIG.27 Detalle del sistema de sujeción

Se puede observar como la estructura esta separada, esto es para que las piezas se pudan producir por automatización y sean intercambiables en el caso que se llegue a dañar alguna.

Actualmente se hace la carcasa del socket manualmente

esto genera que el material no sea consistente en todo su grosor por la altura del socket por esta razón se considero en el diseño hacer en dos piezas toda esta estructura.

### 3.3 Documentación y Resultados de Modelos Experimentales

Este es el sistema de carcasa (3) el cual se armó con tornillos de polipropileno.

La pieza color plateada tiene guías macho y la pieza blanca tiene guías hembra, las cuales hacen que embonen, y la ventaja de estar seccionada en dos partes es que se adapta al proceso de inyección y termoformado porque no es tan alta la pieza.

De está manera puede entrar en las máquinas.

Es de fácil limpieza ya que esta hecha de plástico.



FIG.28 Socket: Modelo experimental en Poliestireno



FIG.29 Carcasa del modelo experimental, diseñado en dos piezas



FIG.30 Unión hembra-macho



FIG.31 Carcasa del modelo experimental, diseñado en dos piezas

Se puede mostrar el sistema de ajuste por aire (1) (FIG 32); el cual está hecho con silicón y se realizó con moldes realizados en CNC para copiar la forma de las burbujas que están calculadas para no ejercer demasiada presión en el muñón.

Se realiza esta muestra para saber cómo están interactuando los elementos de la carcasa con los elementos que formarán el sistema de ajuste.



FIG.32 Moldes para la fabricación de las bolsas de silicón y manera de inflar el sistema

El sistema de ajuste se mete a presión en la abrazadera y cada bolsa tiene una estructura a su alrededor, ésta hace que no giren las bolsas cuando sean sometidas a movimiento, ya que se intersecta una con otra como se ve en la FIG.33

El material adecuado para las bolsas es el Silicón; ya que tiene buena **estabilidad dimensional**, reproduce de manera nítida los detalles en este caso del molde de las burbujas de aire y es resistente a la **tracción**.

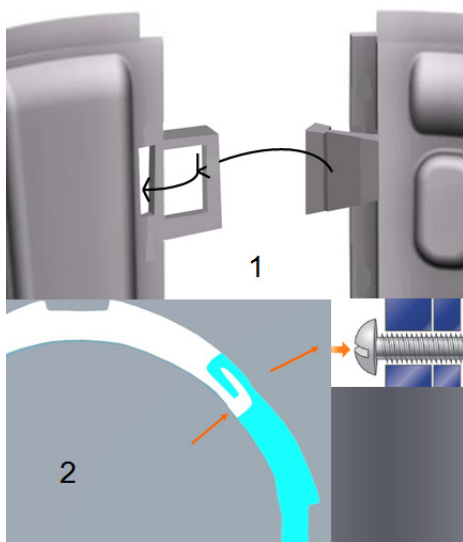


FIG.33 (1)Detalle de unión de la estructura de las bolsas del sistema de inflado (2) y pernos



FIG.34 Bolsas laterales de silicón

Existen 4 bolsas para el sistema de ajuste. En la imagen se muestra las bolsas que son para cubrir las laterales del muñón las cuales tienen unas pequeñas burbujas que hacen presión sobre el muñón y de esta manera no se caiga la prótesis.

## Pruebas de uso con el modelo en pacientes

Paciente: mujer mexicana de 19 años.

Paciente: hombre mexicano 30 años.

Se realizó la prueba de uso del socket en una mujer de 19 años, en la cual el protesista revisó los puntos de apoyo del muñón en el socket para determinar si el usuario siente molestias.

Se concluye:

La abrazadera no tiene mucha presión cuando entra al muñón, aunque el apoyo posterior (donde se apoya el glúteo) es cómodo como lo describe el paciente.

Refiere molestia en la ingle.

En la prueba que se realizó al paciente de 30 años no se permitió obtener fotografías. El socket no entró en su muñón ya que argumentó que había subido de peso en los últimos años (85 KG).



FIG.36 Protesista haciendo prueba con socket

Se realizaron las mediciones del muñón (*para detalles de la técnica ver ANEXO A*) en los dos pacientes obteniendo las medidas proximal, tercio medio y distal, para definir una rango de tallas en el socket (chica, mediana y grande).

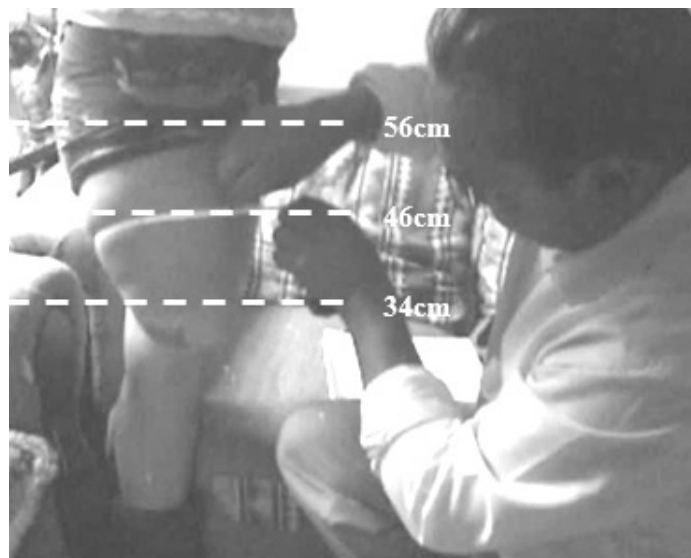


FIG.37 Mediciones del muñón



FIG.35 Paciente colocándose el socket

## Pruebas de uso del producto con el modelo en pacientes



FIG.38 Paciente haciendo prueba de uso

Los usuarios no identificaron el frente del socket y ya que es un objeto de revolución y las salientes de la estructura son iguales en macho y hembra no sabían como embonar las piezas.

En la abrazadera no existe una referencia al momento de embonar con la estructura.

Se tiene que colocar una guía en la parte donde se une la estructura del sistema de ajuste por aire con la abrazadera para que el usuario identifique cuando la abrazadera ya esta deteniendo el sistema y la estructura (carcasa).

El procedimiento para hacer esta prueba en videograbada y se dan indicaciones al inicio de la sesión al usuario (**para más detalles del procedimiento ver ANEXO B**).

## 3.4 DISEÑO FINAL

### Resultados

Estos resultados aplicados al diseño final se determinaron por medio de conocimientos generados através del proceso de diseño y por información proporcionada por especialistas del Instituto Nacional de Rehabilitación (**los detalles se pueden ver en el ANEXO C**).

A continuación se hace un desglose en los 4 factores (función, producción, ergonomía y estética) que se determinaron en este proyecto.

### FUNCIÓN:

- Se determino para el **sistema de ajuste (1)** la utilización de válvula antirretorno y conectores, los cuales permiten asegurar que no habrá fugas de aire y si la manguera o la bolsa se llegarán a dañar puedan cambiarse de manera independiente.
- Dentro del **Sistema estructura (3)** surge una división la cual es la estructura de las bolsas para que no giren, ya que éstas se detienen con la abrazadera y los tornillos que aseguran la carcasa, pero entre las mismas no existía algún elemento de sujeción independiente.
- La malla (4), se cambiará por un sistema de soporte el cual es de silicón** para amortiguar el impacto del **muñón** de la parte **distal** contra la carcasa. Las válvulas y conectores serán colocados debajo de este soporte para que pueda el paciente inflar las bolsas por la parte de abajo del socket.

En el sistema de ajuste por aire (1) las bolsas se inflarán por pares esto es: las laterales tendrán un alimentador de aire, y la bolsa frontal y posterior otro alimentador.

La bolsa de aire que rodea la abrazadera tendrá un alimentador independiente.

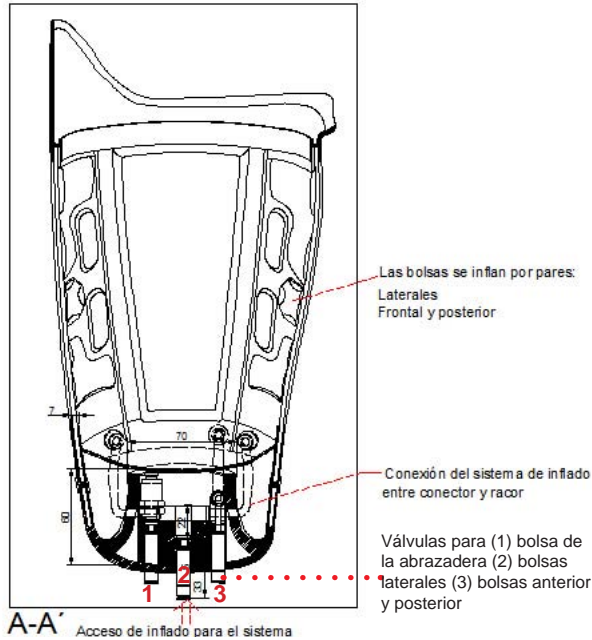


FIG.37 Corte del socket mostrando válvulas y conectores

## PRODUCCIÓN:

A continuación se muestra una tabla con las piezas que conforman el diseño final del socket ajustable:

### 1.- Sistema de ajuste por aire

PIEZA	No. y Nombre	Cantidad	Material	Proceso
	1 Conector QST-4	2	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	2 Racor pasamuro QSS-4	6	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	3 Válvula Antirretorno H-QS-4	3	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	4 Bolsa lateral	2	SILICÓN DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado

	5 Bolsa posterior	1	SILICÓN DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado
	6 Bolsa frontal	1	SILICÓN DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado
	7 Manguera 4mm	9	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	8 Sujetador	1	SILICÓN DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado

### 2.- Abrazadera y 3.- Estructura (carcasa)

	9 Abrazadera	1	Inyección o Termoformado HDPE	INYECCIÓN TERMOFORMADO Y PEGADO
	10 Estructura (macho)	1	Inyección o Termoformado HDPE (Refuerzo fibra de carbono)	INYECCIÓN TERMOFORMADO Y PEGADO
	11 Estructura (hembra)	1	Inyección o Termoformado HDPE (Refuerzo fibra de carbono)	INYECCIÓN TERMOFORMADO Y PEGADO

### 4.- Soporte y 5.- Sistema de sujeción.

	12 Soporte	1	SILICÓN DE GRADO MÉDICO	Inyección a presión en molde o vaciado
	13 (1) Tornillos y (2) pieza frontal	5	(1) Diámetro 1/4" (2) 5cm de diámetro maquinado en aluminio	ESTÁNDAR

En la tabla se pueden observar los materiales y procesos que se emplean en cada sistema (**para más detalle sobre materiales y procesos ver ANEXO D**).

En la actualidad existen dos tipos de socket de conexión isquiática y cuadrilateral (**subcapítulo 4.2**).

En este proyecto se decidió usar en la abrazadera el socket cuadrilateral, ya que existe un estándar por el cual se realiza este tipo de socket.

Éste estándar se basa en la aplicación de 6 anillos para la pierna derecha y 6 anillos para la pierna izquierda.

Para generar la talla chica, mediana y grande se van a usar las circunferencias ya establecidas en estos anillos (FIG 40), ya que se usa la de tejido firme por que son usuarios de 19 a 24 años.

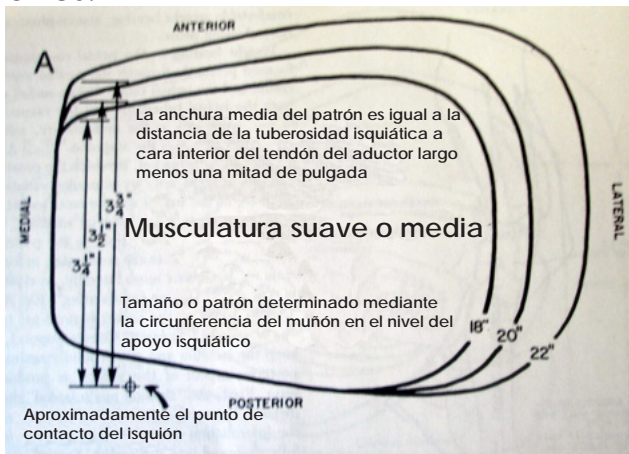


FIG.39 Circunferencias de anillos usados para musculatura suave (adultos)

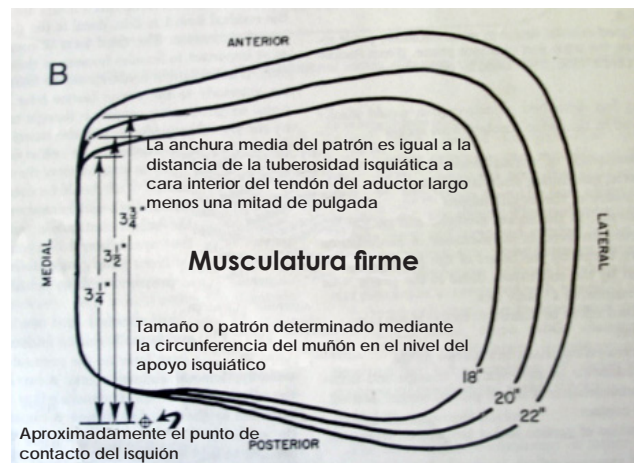


FIG.40 Circunferencias de anillos usados para musculatura firme (jóvenes)

Se plantea para producción estos 6 patrones para cada pierna (izquierda y derecha) como moldes.

No importa si es para hombre o mujer ya que no influye la edad para determinar la dimensión del socket si no la frecuencia de uso y el peso, porque puede existir una persona de 20 años obesa con poco uso o una persona de 40 años delgada y uso activo.

*(para más detalle ver ANEXO E SISTEMA DE MOVILIDAD DE OTTO BOCK)*

Por este motivo las tallas que se determinan se podrán usar según el peso del paciente.

Los moldes de incrementarían cada dos pulgadas a partir de 18" de circunferencia que es la más pequeña (FIG 40) hasta 28 " de circunferencia que será la talla grande.



FIG.41 Vista superior del anillo usado para hacer socket cuadrilateral

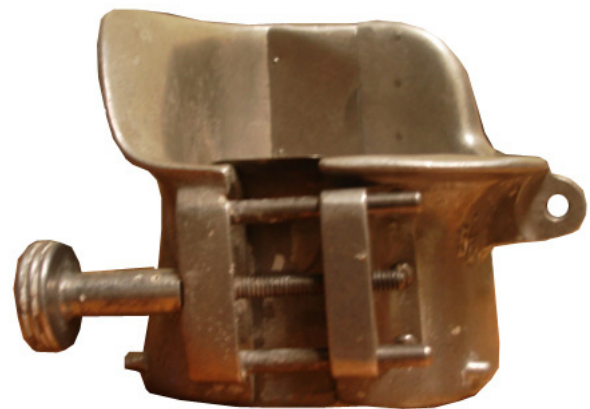


FIG.42 Vista lateral del anillo usado para hacer socket cuadrilateral

Por lo tanto las tallas quedaron de esta manera:

**CHICA: 18" Y 20"**

**MEDIANA: 22" Y 24"**

**GRANDE: 26" Y 28"**

Para muñón derecho y para izquierdo.

## Recomendaciones para el socket ajustable:

- El paciente no deberá de pesar más de 75 Kg (ya que podría verse afectado el sistema de inflado si llega a recargar el peso la parte distal del muñón).
- El uso del socket será moderado, esto es, que no se recomienda ser usado para actividades deportivas de alto impacto como atletismo.
- El peso del socket no deberá exceder los 5 kg.
- Se podrá usar solo en **muñones cilíndricos y cónicos**, por la configuración de las bolsas del sistema de inflado. Esto es importante ya que hay muñones de procedencia **congénita o bulbosos**; que tienen una geometría irregular los cuales no entrarían dentro del estándar.

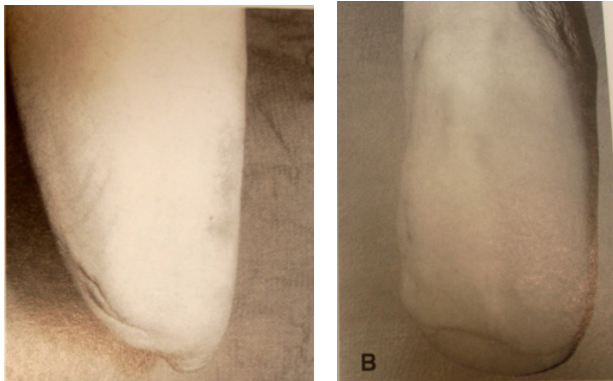


FIG.43 Muñón estándar: cónico y cilíndrico

(Atlas of amputations and Limb Deficiencies, Surgical, Prosthetic and Rehabilitation Principles)

- Si el paciente no se siente seguro al caminar con el sistema de inflado se recomienda usar cinturón de neopreno o silesiano, esto es para dar sensación de estabilidad en el paciente.

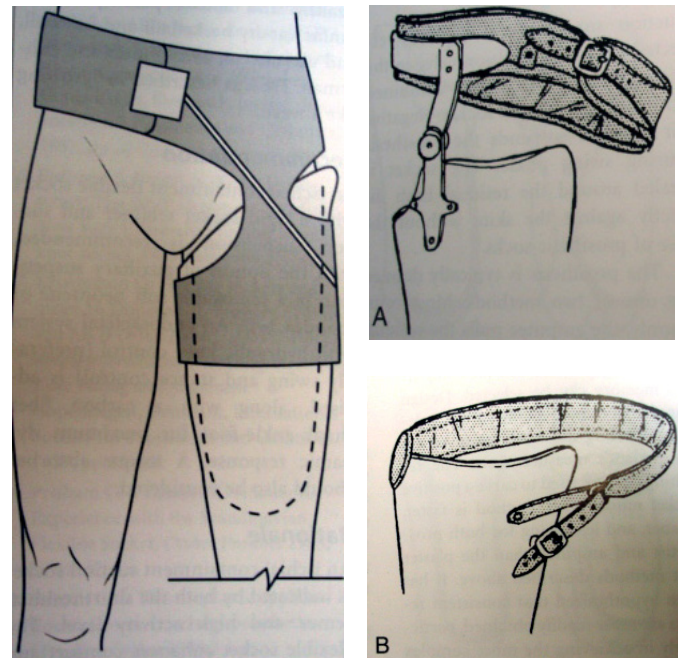
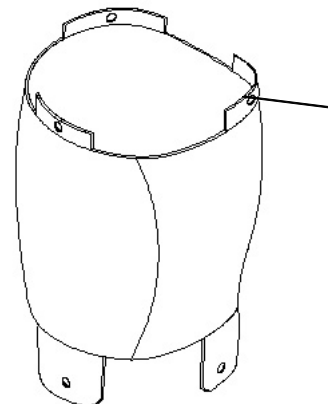


FIG.44 Cinturón de neopreno y Silesiano



Se dejan barrenos en la parte superior para que el paciente pueda cambiar la abrazadera si realmente requiere contención isquiática, y ya que la muestra es personalizada por el encapsulamiento del isquión. Tendría que hacerse en polipropileno o polietileno y unirse con pernos a la estructura estándar.

A continuación se muestra un despiece del socket ajustable donde se muestra cada sistema general que conforma el diseño.



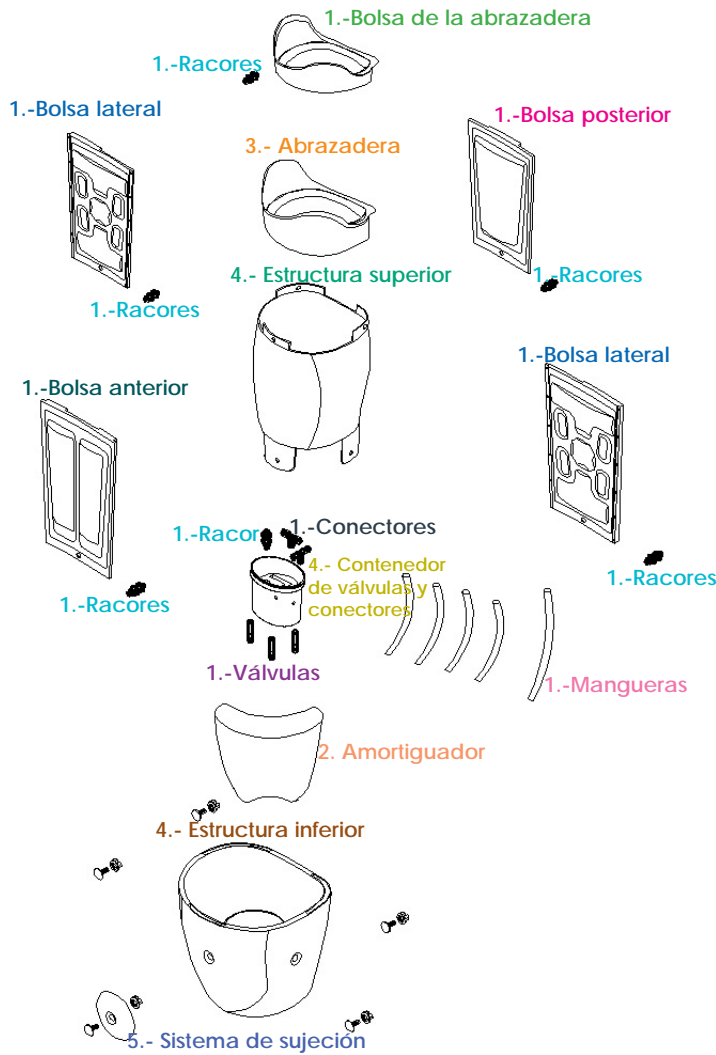





FIG.45 Sistemas del socket ajustable

En esta imagen se muestra como se inflan las bolsas por pares, y la bolsa de la abrazadera se infla de manera independiente.

Al centro se muestra la estructura del contenedor de válvulas y conectores (se puede ver el corte en la FIG 37).

**FIG 46 SIMBOLOGÍA:**

-  Manguera para inflar bolsas laterales
-  Manguera para inflar bolsa posterior y anterior
-  Manguera para inflar bolsa de la abrazadera

**Parte interna del socket**

**1.- Sistema de ajuste por aire:**

- Bolsas laterales
- Bolsa posterior y anterior
- Bolsa de la abrazadera
- Conectores
- Racores
- Válvulas
- Mangueras

**2.- Amortiguador**

**Parte externa del socket**

**3.- Abrazadera**

**4.- Estructura (carcasa)**

- Estructura superior
- Estructura inferior
- Estructura contenedor de válvulas y conectores.

**5.- Sistema de sujeción (pernos y tapa frontal de aluminio)**

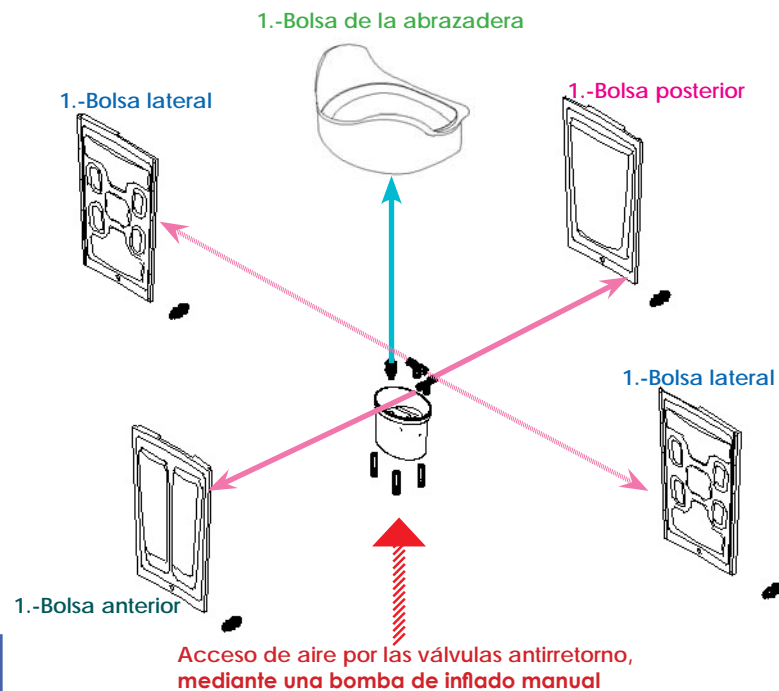


FIG.46 Sistema de ajuste por aire

## ERGONOMÍA:

### Antropometría

En cuanto a la altura del socket se va a considerar la estructura superior e inferior, sin contar la abrazadera, ya que ésta debe tener ciertas características para adaptarse al cuerpo.

En México no existen estadísticas de medidas de personas amputadas, por este motivo se decidió tomar los datos obtenidos de las mediciones de los dos usuarios que se midieron mediante un protesista (**ver ANEXO A**); porque para levantar una estadística en los pacientes se requieren de determinados procedimientos especializados para poder realizarla.

Por lo tanto estos datos se aplicaron a dimensiones del diseño final (ver ANEXO A):

**Altura total:** 20.5cm (Hombre mexicano 30 años)+ 6cm de alojamiento para el sistema de válvulas= 26.5 cm  
**Circunferencia**= 59 cm de medida proximal, de diámetro son 19 cm + 1cm de estructura de las bolsas= 20 cm de diámetro final



FIG.47 Medidas antropométricas en pacientes amputados



Para las tallas chica, mediana y grande se podrá modificar la altura del amortiguador dependiendo que nivel de amputación se presente en el muñón del paciente (FIG 48).

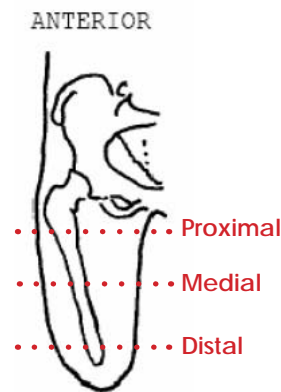


FIG.48 Rango de nivel de amputación en el muñón del paciente

*Para que el usuario pueda usar el socket ajustable tiene que tener estas medidas de muñón mínimas:*

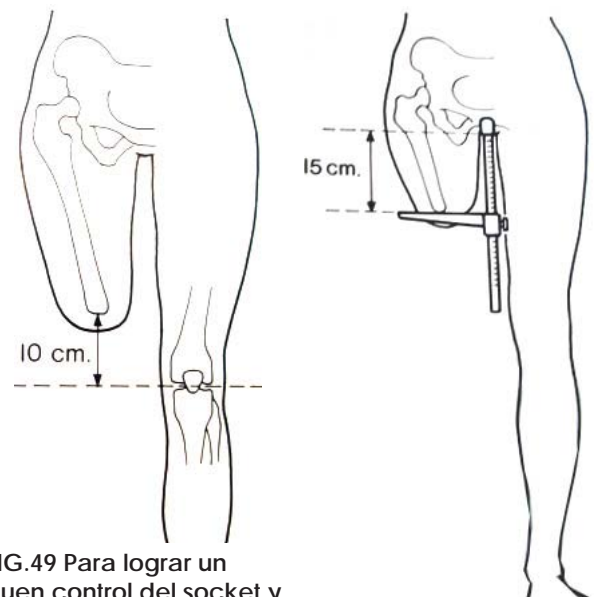


FIG.49 Para lograr un buen control del socket y aplicar el tipo de rodilla protésica más conveniente se requerirán, distalmente por lo menos 10 cm desde la sección del fémur hasta la articulación de la rodilla

FIG.50 Proximalmente para poder fijar el socket en el muñón será necesario un mínimo de 15 cm desde el perineo a la sección del fémur

**Uso del producto:**  
 La abrazadera tiene puntos de apoyo importantes que permiten que se adapte al perfil anatómico de la pierna y de esta manera se pueda contener con seguridad el muñón sin lastimarse.

Encapsulamiento del trocánter mayor

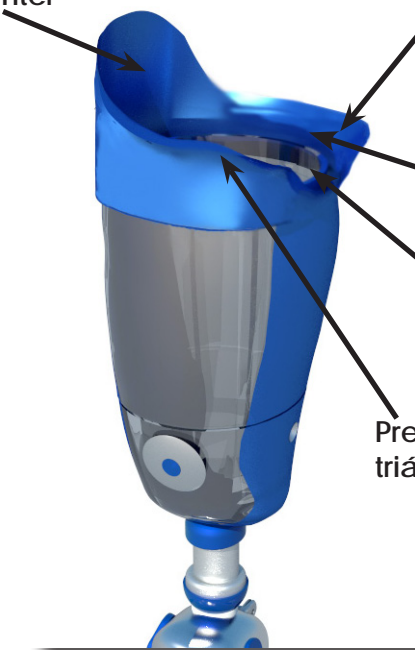


FIG.51 Diseño final de socket

Apoyo isquiático, donde descansa la tuberosidad isquiática: donde se hace la mayor carga del peso del paciente hacia la prótesis, para que no cargue peso la parte distal del muñón

Presión posterior en el glúteo

Liberación de los aductores

Presión anterior en el triángulo de scarpa

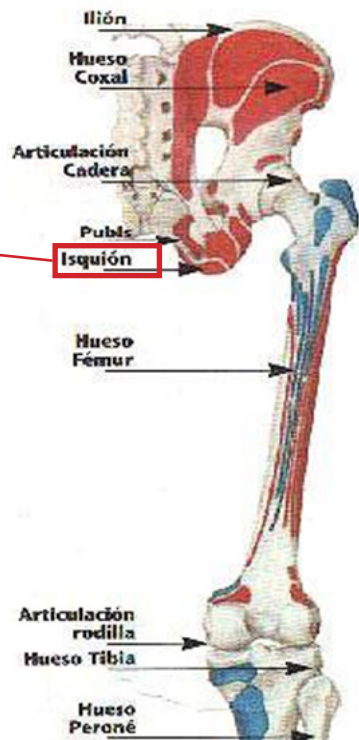
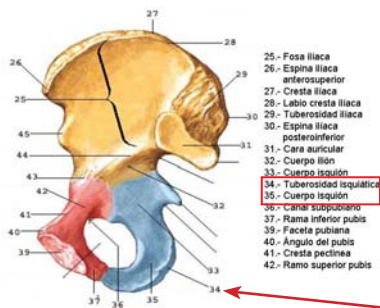


FIG.52 Isquión y tuberosidad isquiática

FIG.53 Músculos aductores



**TRIANGULO DE SCARPA**

**SARTORIO**

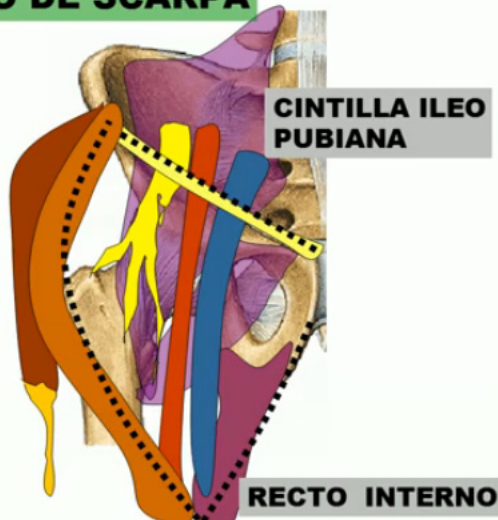


FIG.54 Triángulo de scarpa: es un punto de referencia anatómico situado en el tercio superior de la cara anteromedial del muslo.

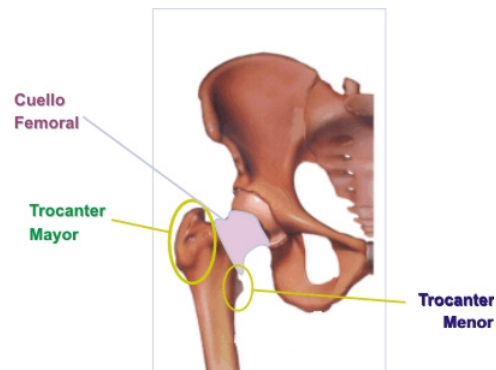


FIG.55 Trocánter Mayor

Ya que los usuarios no identificaron como embonar la estructura superior con la inferior, porque las guías eran de la misma dimensión se realizó un diseño en triángulo donde las guías de la parte posterior del socket son de igual tamaño y la guía de la parte anterior del socket es más pequeña (Ver planos Subcapítulo 3.6).

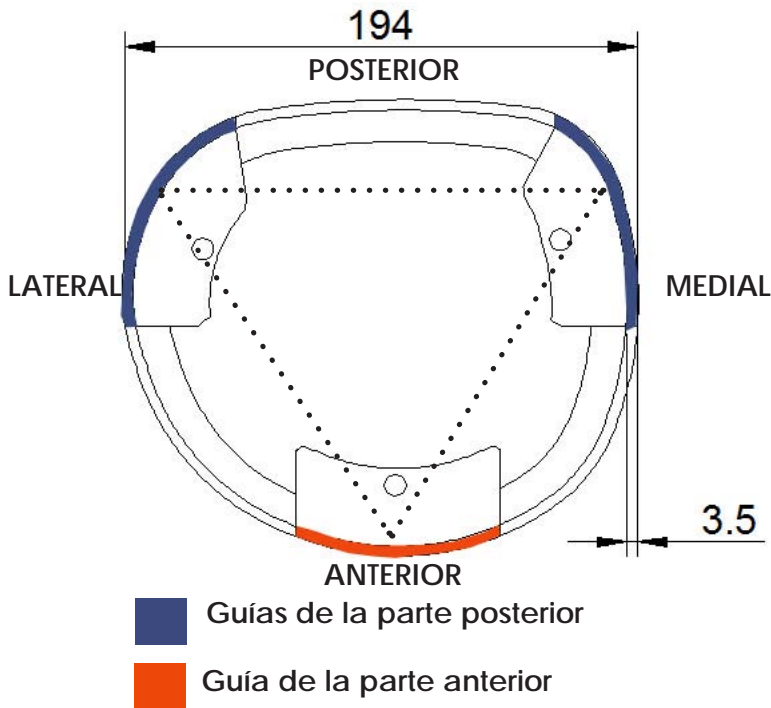


FIG.56 Guías para unir estructura superior con inferior

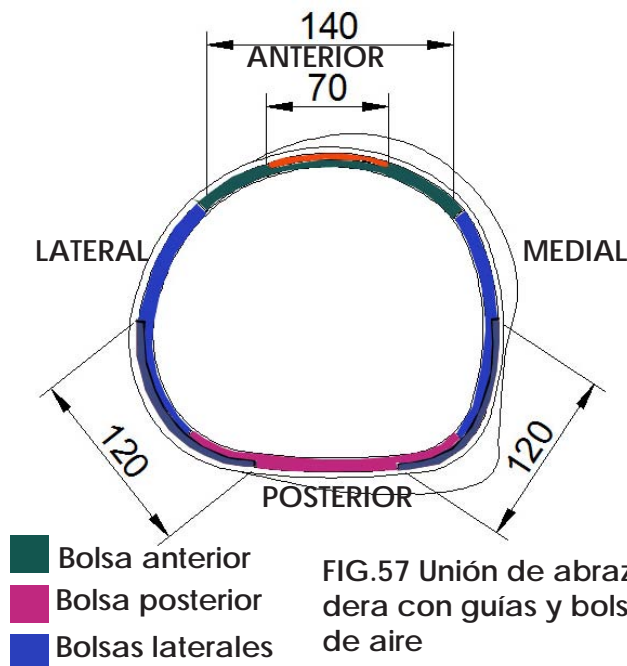


FIG.57 Unión de abrazadera con guías y bolsas de aire

En la abrazadera se originó una unión de rompecabezas para que embone la estructura de las bolsas de aire y la estructura de la parte superior del socket (carcasa) (FIG. 57)

**Para que el paciente pueda inflar sin ayuda de otra persona el sistema de ajuste por aire se propone usar una bomba como la de un baumanómetro.**



FIG.58 Bomba de un baumanómetro

Los materiales que se propusieron para el diseño son ligeros para que el paciente no tenga daños o lesiones en la cadera o la columna.

Son biocompatibles en el caso de la aplicación de silicón de grado médico para que no cause ninguna alergia o lesiones en la piel. (ANEXO D)

Son seguros y resistentes, esto garantiza que no se van a romper al momento de que el paciente aplique su carga sobre ellos. (Para mayor información sobre el comportamiento de materiales consultar ANEXO 3: Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006)



Trastornos vasculares distales en un muñón femoral por defecto de succión.



Problemas cutáneos en el muñón.

FIG.59 Lesiones que se presentan en el muñón

**El usuario del socket podrá identificar el frente por una pieza circular más grande que la cabeza de los tornillos. Ésta pieza se coloca al centro de la cara anterior del mismo. (FIG.61)**

El socket que se llevará acabo es de la pierna derecha.

La prótesis que se le coloca al socket puede usar diversos componentes dependiendo para el grado de uso que requiera el paciente según sus necesidades cotidianas (ANEXO E).

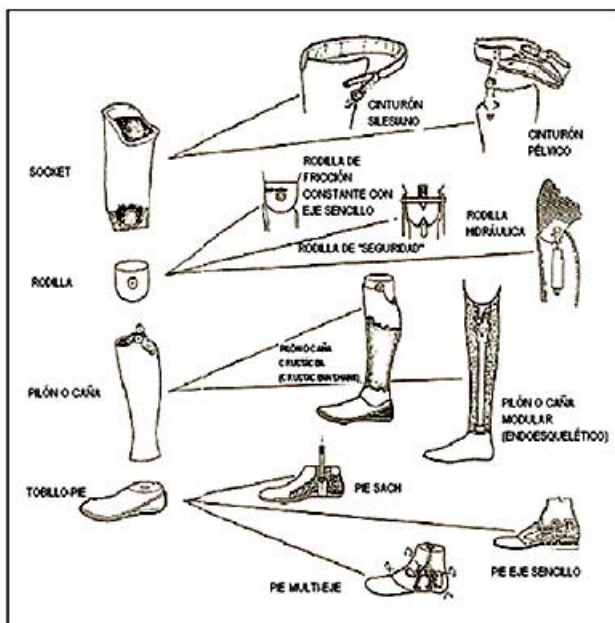


FIG.60 Partes de una prótesis femoral



Pieza para identificar el frente del socket

FIG.61 Parte frontal del socket

## ESTÉTICA:

●Se puede usar el mismo diseño de estructura para pierna izquierda y derecha. Solo en la abrazadera hay pieza derecha e izquierda.

●La configuración final es semejante al perfil anatómico del ser humano para que el usuario siente el producto como extensión de su cuerpo. Se aplicaron los colores que genera aceptación por los jóvenes que es el mercado meta : juvenil y tecnológica. Para lograr esta percepción se aplicaron los siguientes conceptos al diseño:

### 😊 **EL COLOR**

#### **COLOR PLATA:**

El brillo moderno

Lo moderno: plata 18% - negro 15% - blanco 14% - azul 12% - naranja 11%  
Lo técnico / lo funcional: azul 22% - plata 19% - gris 18% - blanco 16% - negro 12%

El concepto de "lo moderno" es uno de los dos conceptos en los que la mayoría de los encuestados piensa en primer lugar en el color de la plata.

Pero los encuestados no piensan en el metal precioso, sino en el acero, el aluminio, el cromo, el níquel, el titanio, el vanadio, es decir, en los materiales del diseño moderno.

Azul-plata-gris es el acorde de lo técnico y de lo funcional. Y el plata es uno de los colores que se relaciona a lo artificial, de lo creado por la tecnología. Muchas cosas que brillan como la plata no son plata. En este contexto, el color de la plata no es expresión de un valor, sino de una función.

## EL COLOR AZUL:

El color de las cualidades intelectuales y masculinas

La inteligencia: azul 25% - blanco 25% - plata 15%

La ciencia: azul 22% - blanco 20% - gris 15% - plata 14%

La concentración: azul 23% - blanco 18% - negro 15% - gris 12%

La independencia: azul 28% - verde 15% - negro 11% - oro 9% - amarillo 8%

La deportividad: azul 32% - blanco 20% - verde 12% - plata 10%

Lo masculino: azul 36% - negro 28% - marrón 15% - gris 7% - rojo 5%

El azul es el color principal de las cualidades intelectuales

Éstos son los colores principales de la inteligencia, la ciencia y la concentración. La deportividad no es una cualidad intelectual, pero goza de una consideración social tan alta, que en ella domina igualmente el acorde azul-blanco.

*(Eva Heller, La psicología de los colores , Barcelona 2004, Gustavo Gili )*

Los colores cálidos en los matices oscuros dan una percepción de vitalidad, poder y estabilidad (confianza). Al incrementar el brillo de un color frío se incrementa su vibración y se reduce su reserva.

## EL COLOR ROSA:

El mensaje del rosa varía con su intensidad. Los rosas más cálidos conllevan energía, juventud, diversión y excitación y son recomendados para productos enfocados a mujeres o chicas jóvenes. (<http://www.rppnet.com.ar/psicologiadeloscolores.htm>)

Ya definidos los colores que se van aplicar en el producto se investigó sobre sistemas emocionales de respuesta que genera en un producto:

- Los objetos dan mensajes relacionados con estilos o estados de vida.

- La respuesta emocional o reacción al significado accionado por un producto varía según la clase social, nivel de educación, religión, etc.

- El producto crea en el consumidor distintos sistemas emocionales en este caso se eligió como herramienta de diseño **el color y los sentidos** los cuales incluyen el uso apropiado del estilo y técnica aplicable a la tecnología del momento para asignar un valor emocional a estos diversos estímulos que se dan en el usuario. Y de esta manera quiera obtener el producto el consumidor.

Se dan algunos ejemplos de marcas que ya están consolidadas.

Como Swatch que se rige bajo la idea "el reloj refleja la personalidad del portador", sin olvidar la tecnología que aplica para realizar sus productos que es automatizada por el éxito de los mismos.

O Nike que emplea la espiritualidad en el consumo donde los artículos consumidos están relacionados con los individuos admirados por los usuarios, y en su publicidad emplea la historia del producto en asociación de alguien exitoso practicando deporte con los tenis o ropa de la marca.

**(Subcapítulo 4.7)**



FIG.62 Mar-  
cas: Swatch y  
Nike

## 😊 SENTIDOS

### La experiencia en el producto *Interacción humano-producto*

La experiencia está formada por las características del usuario (personalidad, habilidades, valores culturales, y motivos) y las del producto (forma, textura, color, y comportamiento).

Todas las acciones y procesos que están implicados, por ejemplo acciones físicas y procesos perceptivos y cognoscitivos (el percibir, explorando, el recordar, comparando, y el entender), contribuirán a la experiencia. Además, la experiencia está influenciada siempre por el contexto (ejemplo: comprobación, social, económico) en el cual la interacción ocurre.

## NIVELES DE EXPERIENCIA

### Experiencia estética

En el nivel estético, consideramos la capacidad de un producto para encantar una o más de nuestras modalidades sensoriales. Un producto puede ser hermoso a la vista, hacer un sonido agradable, sentirse bien al tacto u oler bien.

### **Experiencia del significado**

En el nivel del significado, la cognición entra en el juego. A través de los procesos cognoscitivos, como la interpretación, la memoria, y las asociaciones, podemos reconocer las metáforas, asignar personalidad u otras características expresivas, y determinar el significado personal o simbólico de los productos.

### **Experiencia emocional**

En el nivel emocional, nos referimos a los fenómenos afectivos considerados típicamente en la psicología de la emoción y en el lenguaje diario sobre las emociones, amor y repugnancia, miedo y deseo, orgullo y desesperación, por nombrar algunos.

### **EXPERIENCIA MULTISENSORIAL EN EL PRODUCTO:**

Se habla sobre la interacción entre olor-color y olor-textura, en los alimentos es importante el olor y el color en las bebidas ya que existen experimentos para que un diseñador evalúe como percibe el consumidor al producto por ejemplo: el color oscuro indica una bebida fuerte y el color claro una bebida mas suave, al igual que en las texturas de las telas algo más rugoso es áspero y algo más liso es confortable.

El conocimiento de los diversos sentidos es importante para los diseñadores que desean comunicar un mensaje coherente a los clientes potenciales para sus productos. En detalle, los diseñadores deben considerar qué mensajes comunica un producto existente actualmente

con cada uno de los sentidos (Lindstrom, 2005).

El contenido de estos mensajes puede estar en conflicto, y el diseñador puede desear así comprobar para saber si hay la posibilidad de cambiar ciertas características del producto y ordenarlas para mejorar la coherencia de la experiencia multisensorial total del producto del consumidor.

La congruencia de mensajes sensoriales en el diseño de producto es también deseable desde una perspectiva ergonómica, donde la coherencia ayuda a clarificar el entorno del producto y lo que puede hacer. Además, la unidad percibida en estímulos visuales se ha demostrado es correlativa con la estética y el tener gusto (Bell, Holbrook, y Solomon, 1991; Veryzer y Hutchinson, 1998). Por lo tanto, la coherencia multisensorial es probable que sea relacionada positivamente con la preferencia del consumidor.

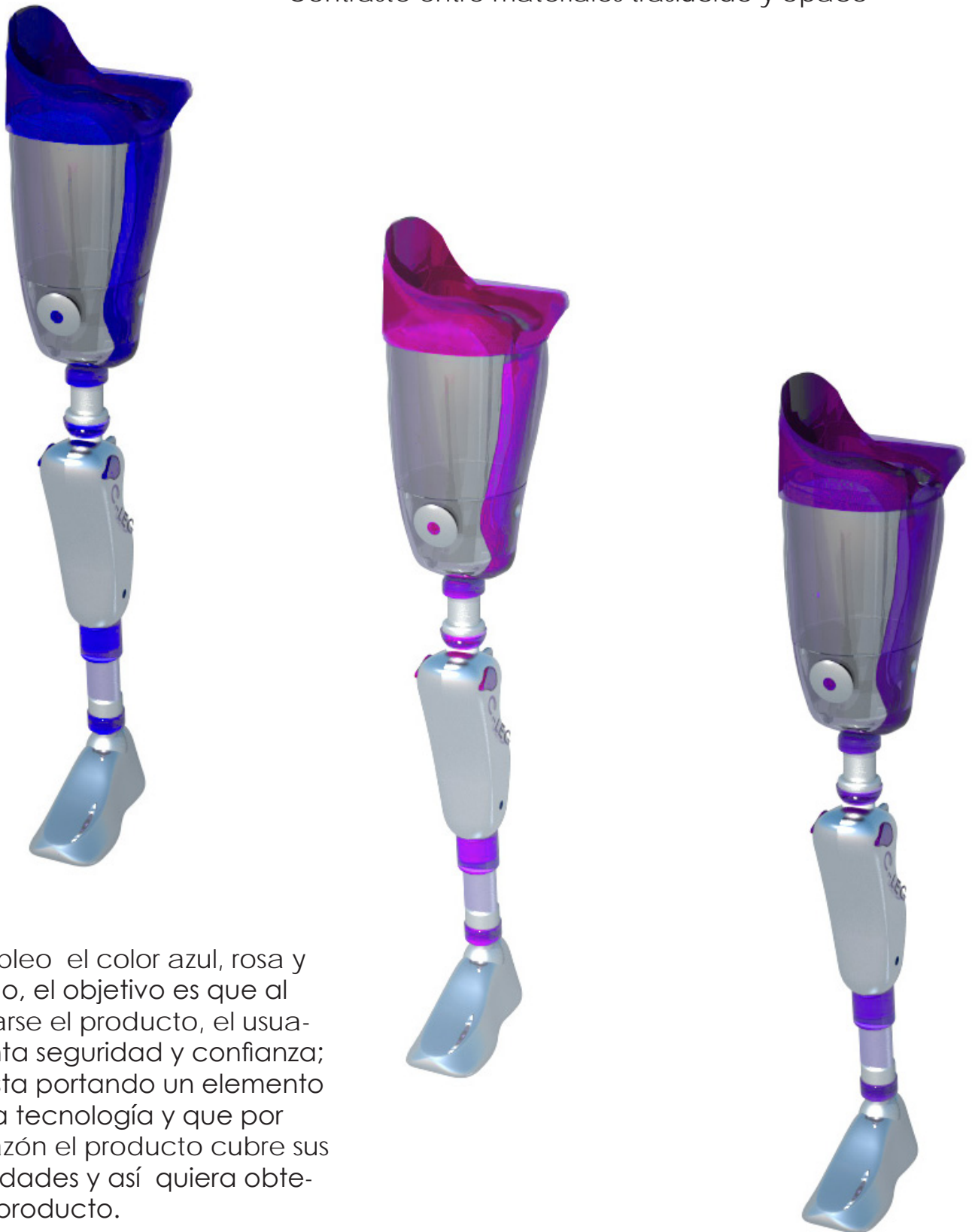


**FIG.63 Experiencia multisensorial**



En el diseño final se aplicaron colores para mujeres y hombres jóvenes:

- Textura lisa
- Contraste entre materiales traslucido y opaco



Se empleo el color azul, rosa y morado, el objetivo es que al colocarse el producto, el usuario sienta seguridad y confianza; que esta portando un elemento de alta tecnología y que por está razón el producto cubre sus necesidades y así quiera obtener el producto.

FIG.64 Diseños de sockets



FIG.65 Diseño para el modelo final de socket

### 3.5 Planteamiento de Costos

Los costos dependerán del proceso de producción que se utilice y este proceso se determinará según la demanda del producto.

Aquí se desglosa el precio de materiales por cada propuesta de proceso para generar el precio final del socket.

#### INYECCIÓN DE PLÁSTICO ESTRUCTURA (CARCASA)

PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
ESTRUCTURA SUPERIOR E INFERIOR	Polímero( HDPE) reforzado con fibra de carbono o vidrio	2 PIEZAS	\$ 17 el kg(HDPE) \$885 .50 Kg (fibra de carbono) \$149 Kg (fibra de vidrio)	\$600
ABRAZADERA	Polímero reforzado (HDPE) con fibra de carbono o vidrio	1 PIEZA	\$ 17 el kg(HDPE) \$885 .50 Kg (fibra de carbono) \$149 Kg (fibra de vidrio)	\$100
CONTENEDOR DE VÁLVULAS Y CONECTORES	HDPE (Polietileno de alta densidad)	1 PIEZA	\$ 17 el kg(HDPE) \$885 .50 Kg (fibra de carbono) \$149 Kg (fibra de vidrio)	\$50

#### SISTEMA DE AJUSTE POR AIRE

Bolsas laterales	Silicón de grado médico	2 PIEZAS	\$1,000 1/2 KG	\$ 800
Bolsa anterior y posterior	Silicón de grado médico	2 PIEZAS	\$1,000 1/2 KG	\$ 800
Bolsa de la abrazadera	Silicón de grado médico	1 PIEZA	\$1,000 1/2 KG	\$ 200
Amortiguador	Silicón de grado médico	1 PIEZA	\$1,000 1/2 KG	\$ 500
Conector (T4)	Estándar	2 PIEZAS	\$78.49 Unidad	\$156.98
Racor (R4)	Estándar	6 PIEZAS	\$78.49 Unidad	\$470.93
Válvulas Antirretorno (4mm)	Estándar	3 PIEZAS	\$280.42 Unidad	\$841.26
Mangueras	Estándar	1 mt	\$10.50 mt	\$10.50

#### SISTEMA DE SUJECCIÓN

Tapa frontal	Aluminio	1 PIEZA	\$ 500 (barra)	\$80
Tornillos	Aluminio	6 PIEZAS	\$4 Unidad	\$24

**COSTO TOTAL DEL SOCKET: \$4633.67 redondeado a \$4634**

## TERMOFORMADO EN PLÁSTICO

### ESTRUCTURA (CARCASA)

PIEZA	MATERIAL	CANTIDAD	COSTO	COSTO TOTAL
ESTRUCTURA SUPERIOR E INFERIOR	Polímero( HDPE) reforzado con fibra de carbono o vidrio	2 PIEZAS (LAMINADO)	\$700 (5mm) (HDPE) \$2,200 (Tubular) fibra de carbono	\$1300
ABRAZADERA	Polímero reforzado (HDPE) con fibra de carbono o vidrio	1 PIEZA (LAMINADO)	\$700 (5mm) (HDPE) \$2,200 (Tubular) fibra de carbono	\$500
CONTENEDOR DE VÁLVULAS Y CONECTORES	HDPE (Polietileno de alta densidad)	1 PIEZA (LAMINADO)	\$700 (5mm) (HDPE)	\$180

### SISTEMA DE AJUSTE POR AIRE

Bolsas laterales	Silicón de grado médico	2 PIEZAS	\$1,000 1/2 KG	\$800
Bolsa anterior y posterior	Silicón de grado médico	2 PIEZAS	\$1,000 1/2 KG	\$800
Bolsa de la abrazadera	Silicón de grado médico	1 PIEZA	\$1,000 1/2 KG	\$200
Amortiguador	Silicón de grado médico	1 PIEZA	\$1,000 1/2 KG	\$500
Conector (T4)	Estándar	2 PIEZAS	\$78.49 Unidad	\$156.98
Racor (R4)	Estándar	6 PIEZAS	\$78.49 Unidad	\$470.93
Válvulas Antirretorno (4mm)	Estándar	3 PIEZAS	\$280.42 Unidad	\$841.25
Mangueras	Estándar	1 mt	\$10.50 mt	\$10.50 mt

### SISTEMA DE SUJECIÓN

Tapar frontal	Aluminio	1 PIEZA	\$500 (barra)	\$80
Tornillos	Aluminio	6 PIEZAS	\$4 Unidad	\$24

### COSTO TOTAL DEL SOCKET:

**\$5,063.91 redondeo \$5,064 pesos**

Resulta más caro en termoformado ya que el laminado esta procesado, mientras que en inyección se usan como materia primea los **pellets** y puede generarse en este proceso un volúmen mayor de sockets en menor tiempo,y se puede abaratar el producto según su demanda.

## INYECCIÓN:

Maquinaria :

Se propone una inyectora vertical la cual tiene un costo de 30 mil pesos, en la cual no se va a tener uso de robots para extraer las piezas. Soporta inyectar piezas de 18 cm de altura, y se pueden usar insertos.

Su tiempo de inyección es de 5 minutos por pieza esto depende del grosor de la misma, pero su producción es mediana, ya que el operador retira la pieza; esto influye en el tiempo, y ya que el socket no es una pieza de alta producción como por ejemplo las botellas de PET, es adecuado este herramental para su fin.



FIG.66 Propuesta de máquina para inyectar plástico

Los moldes para las 5 bolsas del aire de inflado cuestan aproximadamente todos 4,000 pesos.

Por lo tanto los **Costos fijos:**

Diez Moldes (5) Derechos y (5) Izquierdos: \$ 2,500,000

Moldes para vaciado de silicón: \$4,000

Maquinaria: \$30,000

Mantenimiento: Aproximadamente el 30% del molde: \$750,000

**Costos fijos: \$3,284,000**

**Costo variable: \$4,634**

$$CT = CF + CV$$

$$CT = 3,284,000 + 4,634 \times$$

Ingresos:

$$I = CT + U$$

$$I = 4,634 \times (30\%)$$

$$I = 4,634 + 1390 = 6,024$$

$$U = 6,024 \times -3,284,000 + 4,634 \times$$

$$U = 1390 \times -3,284,000$$

$$0 = 1390 \times -3,284,000$$

$$x = 3,284,000 / 1390$$

$$X = 2362 \text{ sockets a } \$4,634 \text{ pesos}$$

Si:

$$I = 4,000 \times$$

$$U = 4,000 \times - (3,284,000 + 4,634)$$

$$U = 3,284,000 / 634$$

$$U = 5,179$$

Al mes se tienen que vender 5,179 sockets a un precio de \$4,000 pesos.

**TERMOFORMADO:**

**MÁQUINA: \$20,000**

**MOLDES (5) DERECHOS Y (5) IZQUIERDOS : \$12,000**

**MOLDES DE SILICÓN: \$4,000**

**Mantenimiento: \$6,000**

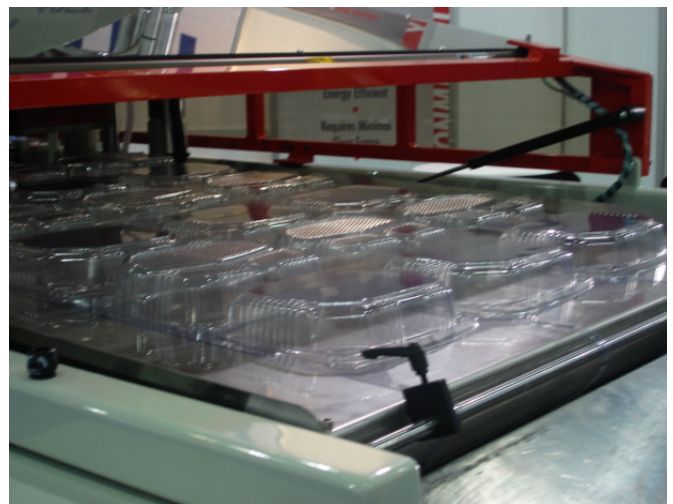


FIG.67 Detalle de máquina para termoformar plástico

**Costos fijos: \$42,000**  
**Costo variable: \$5,064**

$$CT = CF + CV$$

$$CT = 42,000 + 5,064x$$

Ingresos:

$$I = CT + U$$

$$I = 5,064x (30\%)$$

$$I = 5,064 + 1519 = 6,583$$

$$U = 6,583x - 42,000 + 5,064x$$

$$U = 1519x - 42,000$$

$$0 = 1519x - 42,000$$

$$x = 42,000 / 1519$$

$$X = 27 \text{ sockets a } \$5,064 \text{ pesos}$$

Si:

$$I = 4,000x$$

$$U = 4,000x - (42,000 + 5,064)$$

$$U = 42,000 / 1064$$

$$U = 40$$

**Al mes se tienen que vender 40 sockets a un precio de \$4,000 pesos.**

Para los moldes de silicón se propone realizar vaciado en molde de plástico donde no se pueda pegar el silicón y que el vaciado se realiza en un molde de dos piezas.

Es el método más económico ya que son muchas piezas para el sistema de inflado, el automatizado se podría enfocar a que un elemento a presión inyectara el silicón en el molde.

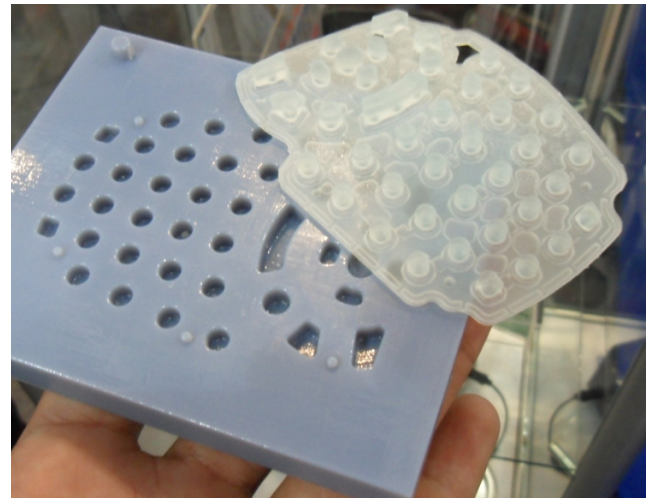


FIG.69 Piezas de Silicón



FIG.68 Propuesta de máquina para termoformar plástico

## 3.6 PLANOS



1

2

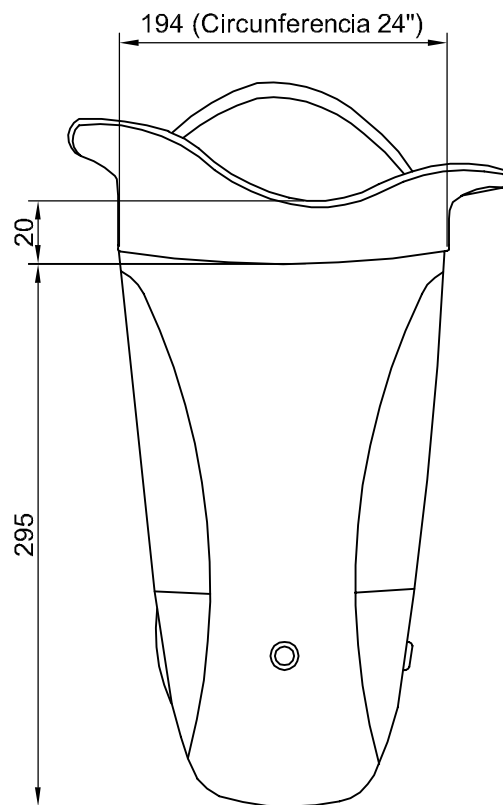
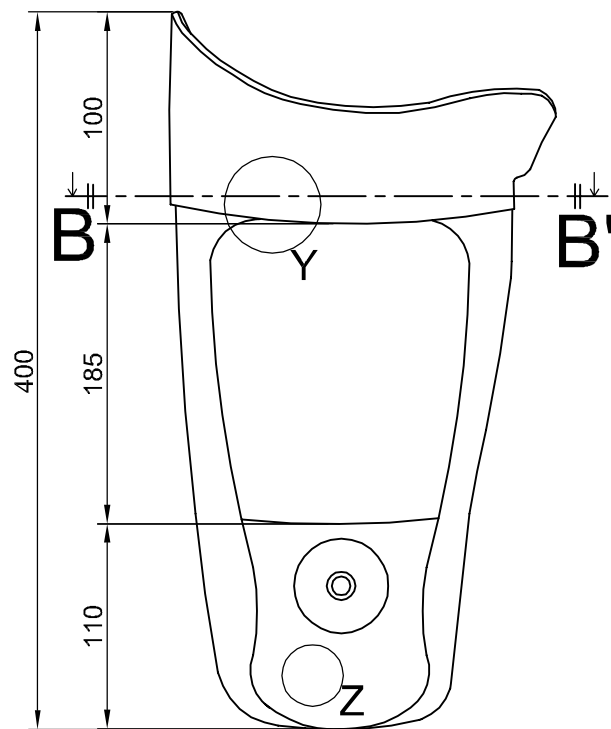
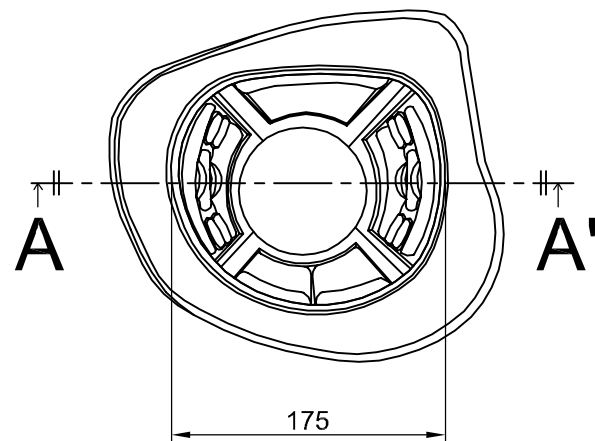
3

4

5

6

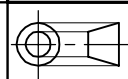
No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



A

B

C

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:4</b>
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	
<b>VISTAS GENERALES</b>		COTAS: <b>mm</b>	1 / 13

D

1

2

3

4

5

6





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

1

2

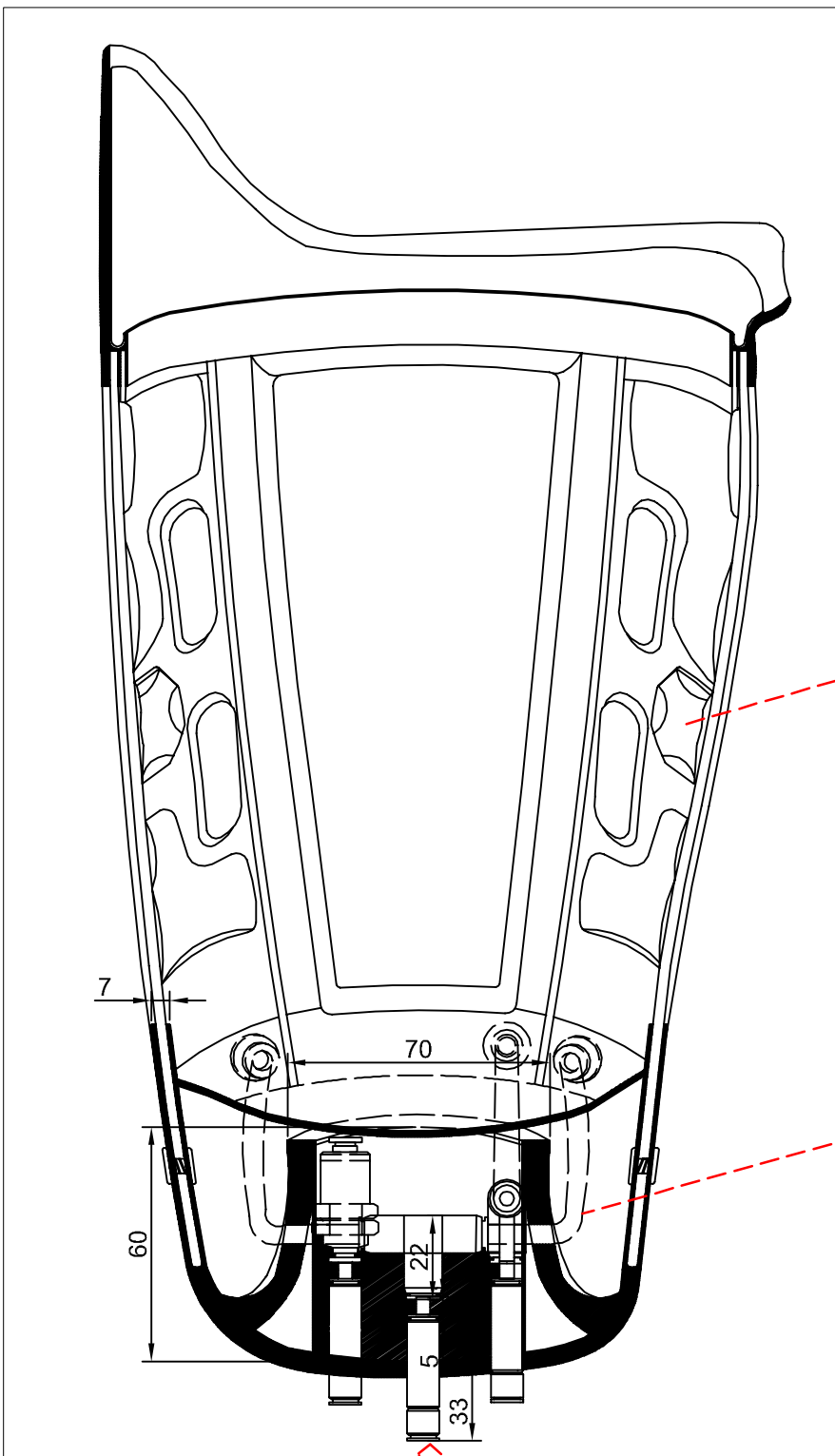
3

4

5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



**A-A'** Acceso de inflado para el sistema

Las bolsas se inflan por pares:  
 Laterales  
 Frontal y posterior

Conexión del sistema de inflado  
 entre conector y racor

A

B

C

D

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:2</b>
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	
<b>CORTE</b>		COTAS: <b>mm</b>	2 / 13

1

2

3

4

5

6

1

2

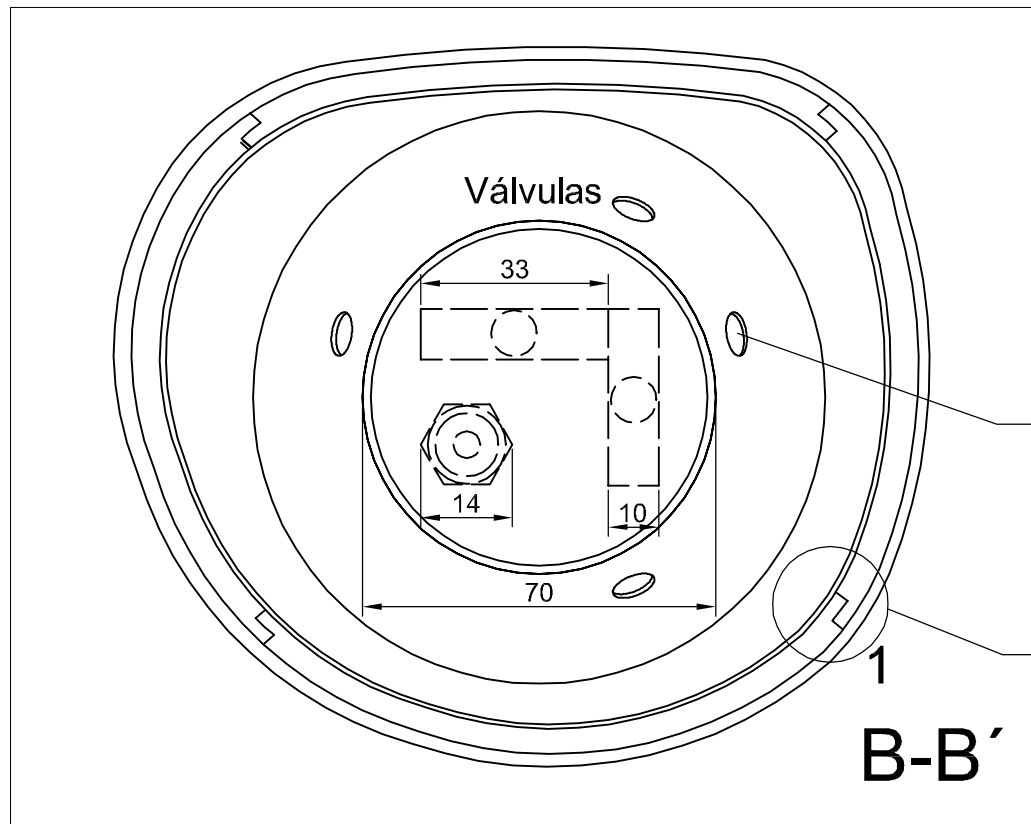
3

4

5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ

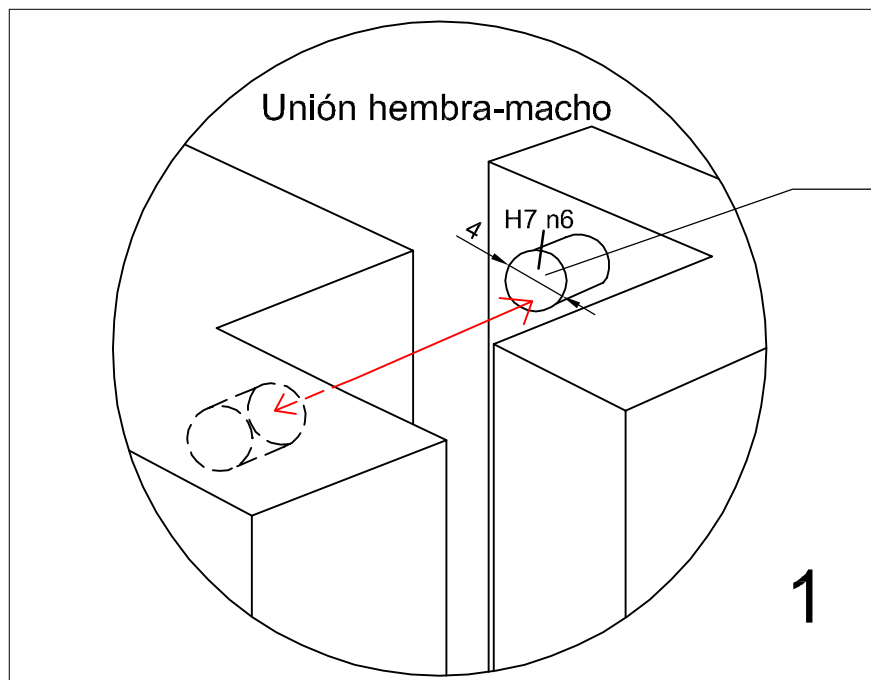


Barrenos:  
Conexión mangueras-válvulas

Detalle de unión  
entre sistema de inflado

**B-B'**

1:2

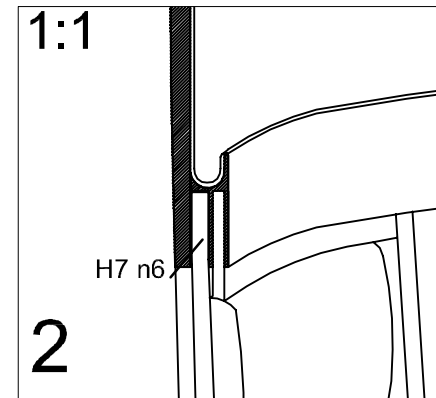


entre la estructura de cada  
bolsa de aire (sistema de ajuste por aire)

1:1

**1**

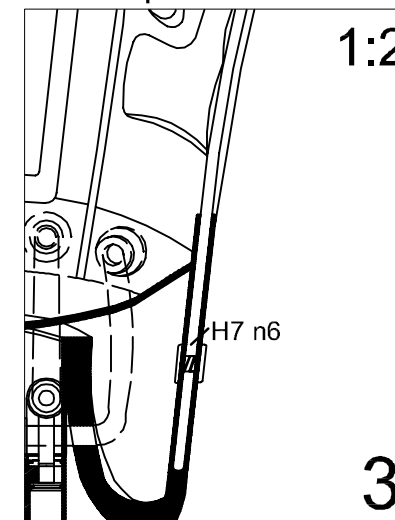
Detalle de unión de la  
abrazadera con la estructura inferior



1:1

**2**

Detalle de unión de la  
estructura superior con la inferior



1:2

**3**

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: VARIAS
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	
<b>CORTE Y DETALLE</b>		COTAS: <b>mm</b>	3 13

A

B

C

D

1

2

3

4

5

6

1

2

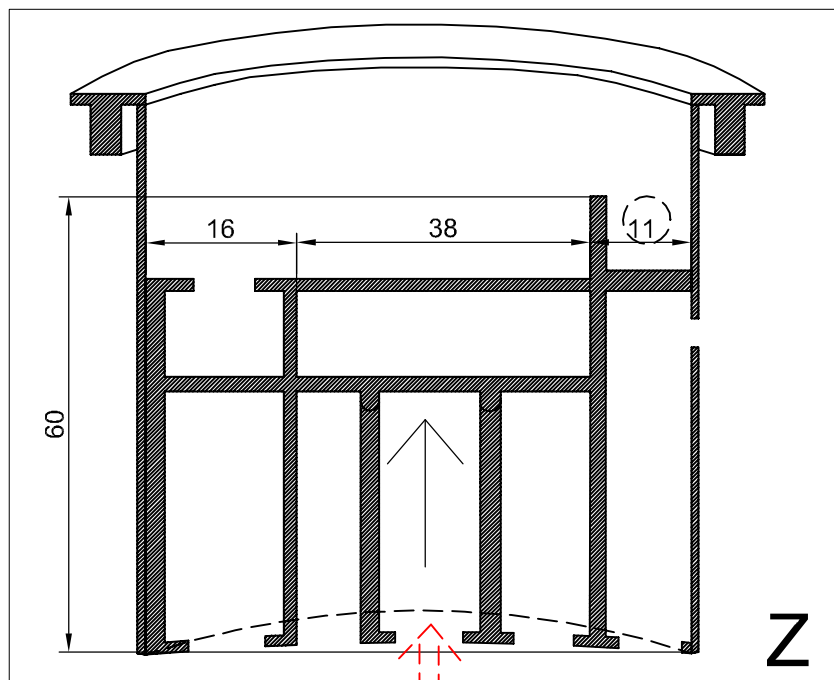
3

4

5

6

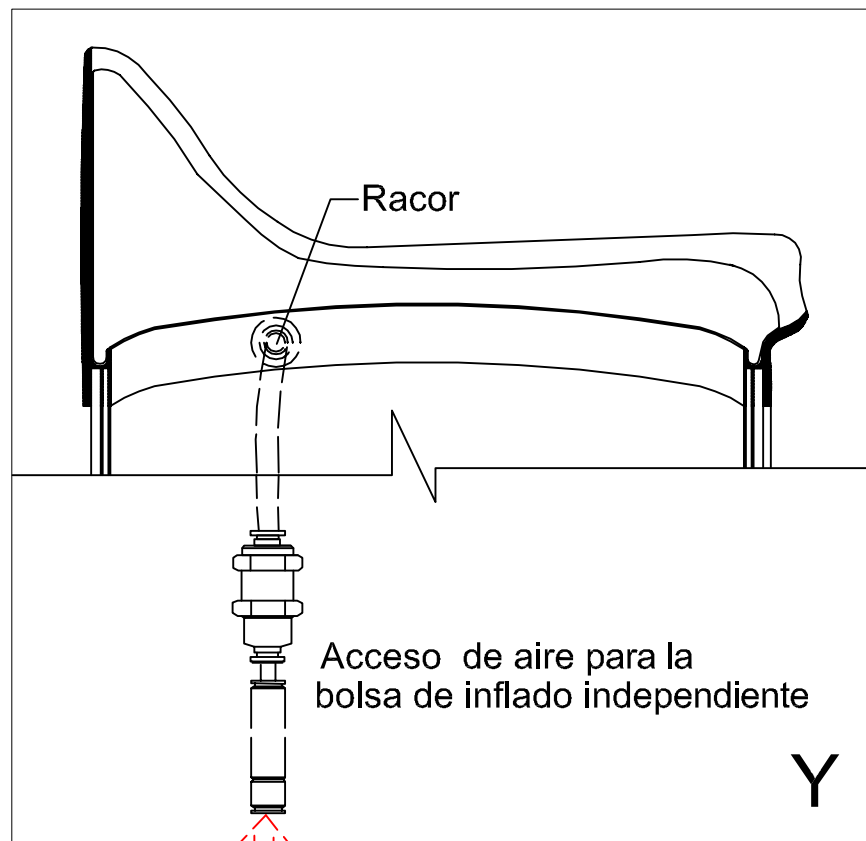
No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



Pieza que entra en la carcasa inferior  
 Contiene las válvulas

**Z** 1:1

Acceso de inflado para el sistema



**Y** 1:2

Acceso de aire para la  
 bolsa de inflado independiente

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: VARIAS
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	

A

B

C

D

1

2

3

4

5

6

1

2

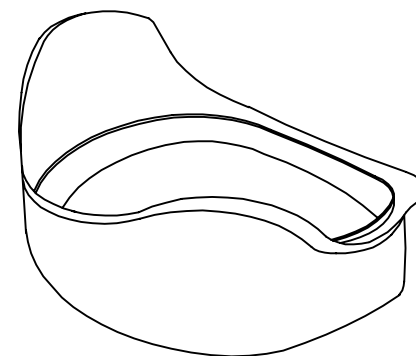
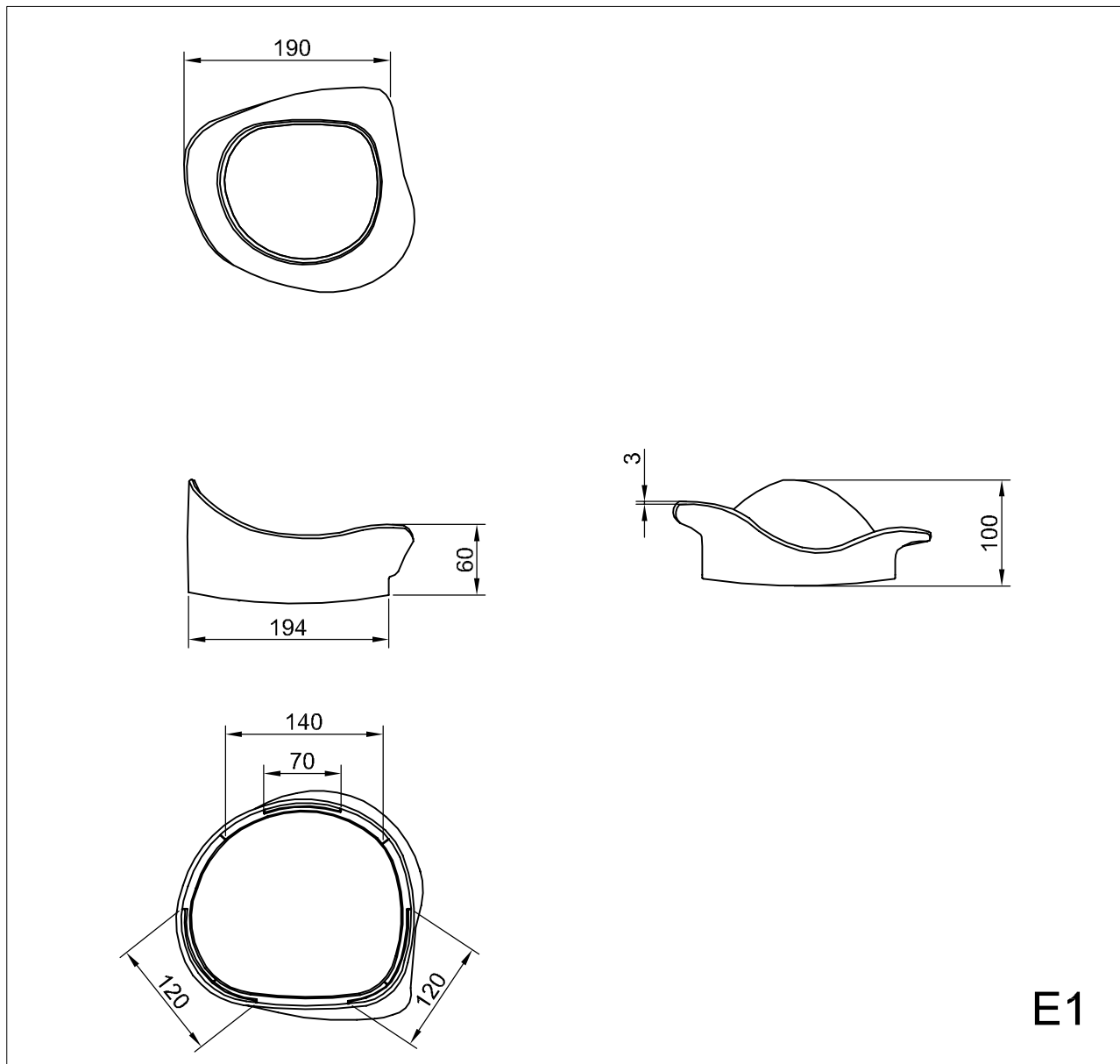
3

4

5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



A

B

C

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:6</b>
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	
		COTAS: <b>mm</b>	5 / 13

D

1

2

3

4

5

6

1

2

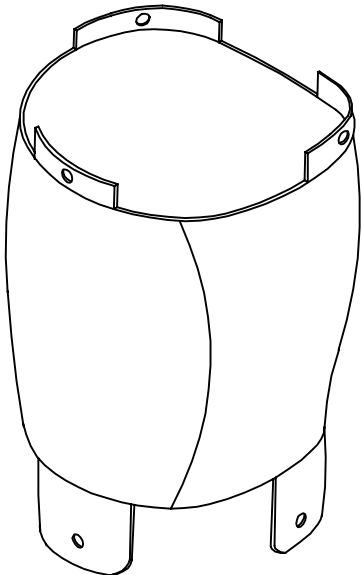
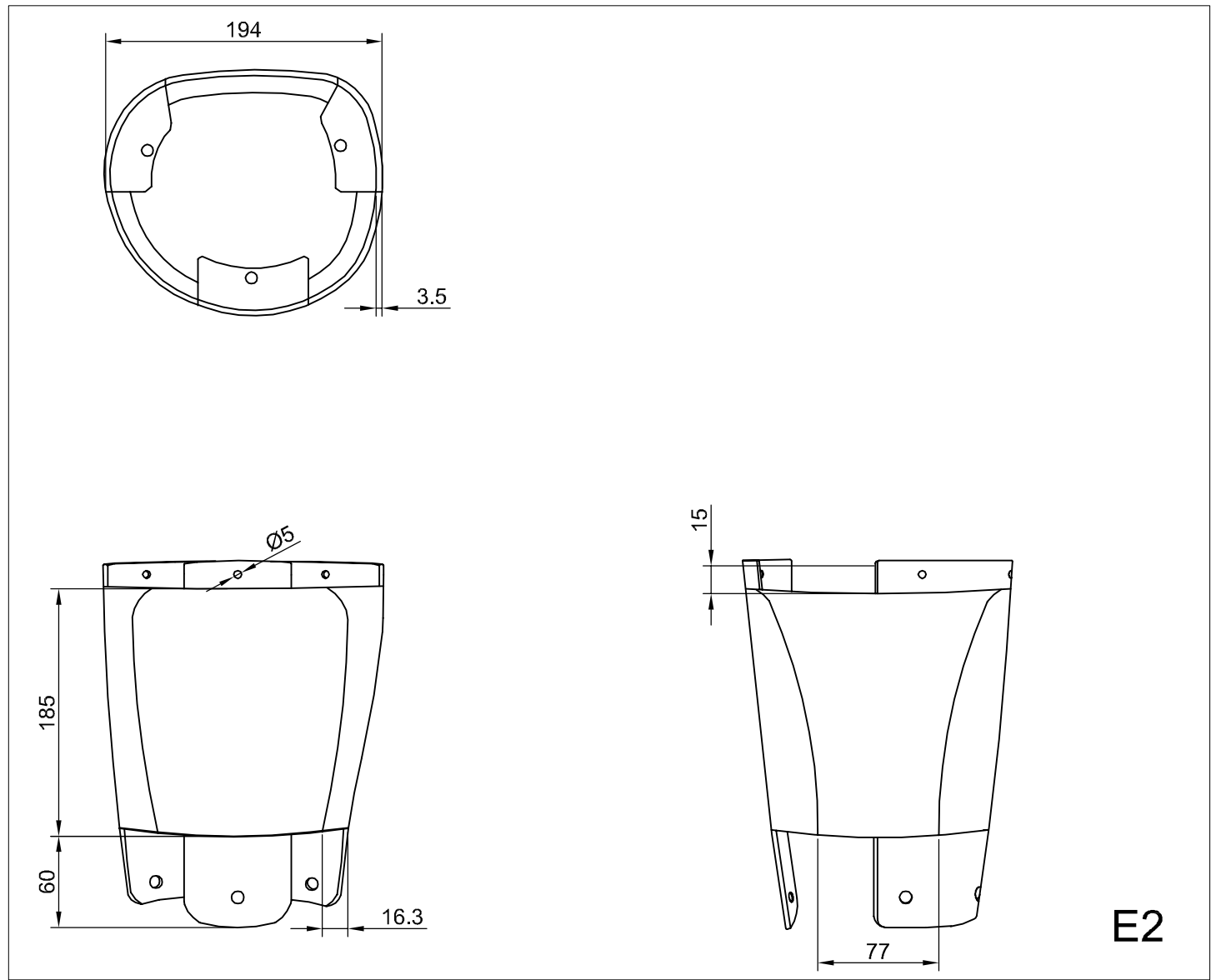
3

4

5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



A

B

C

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:4</b>
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	
		COTAS: <b>mm</b>	6 13

D

48

1

2

3

4

5

6

1

2

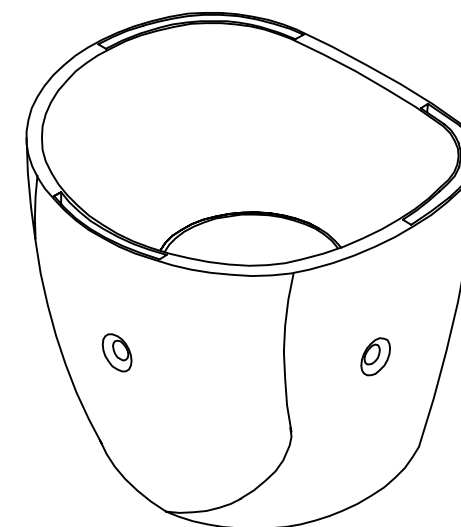
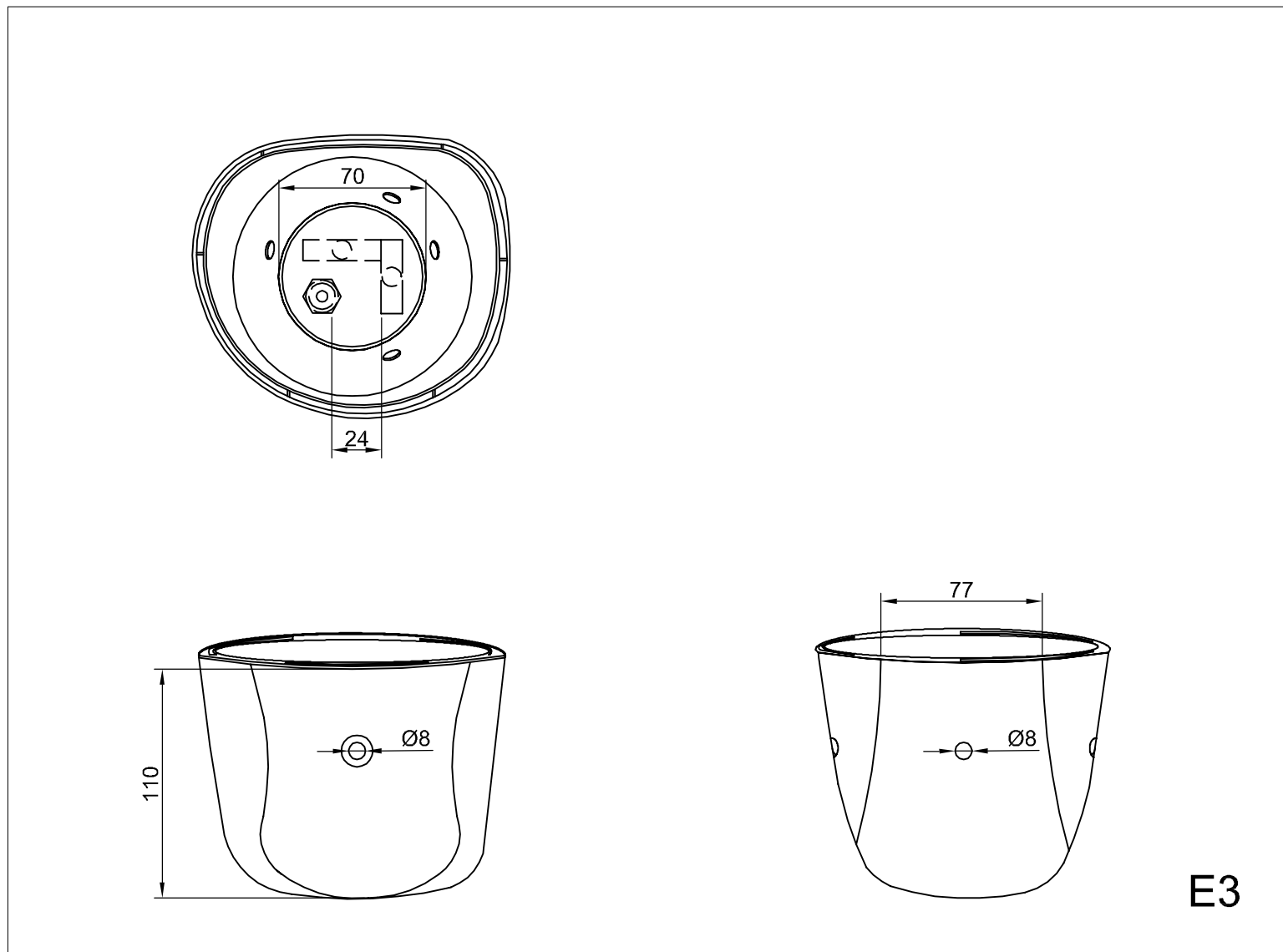
3

4

5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



A

B

C

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:3</b>
SOCKET AJUSTABLE		<b>B4</b>	
PLANOS POR PIEZA		COTAS: mm	7 13

D

1

2

3

4

5

6

1

2

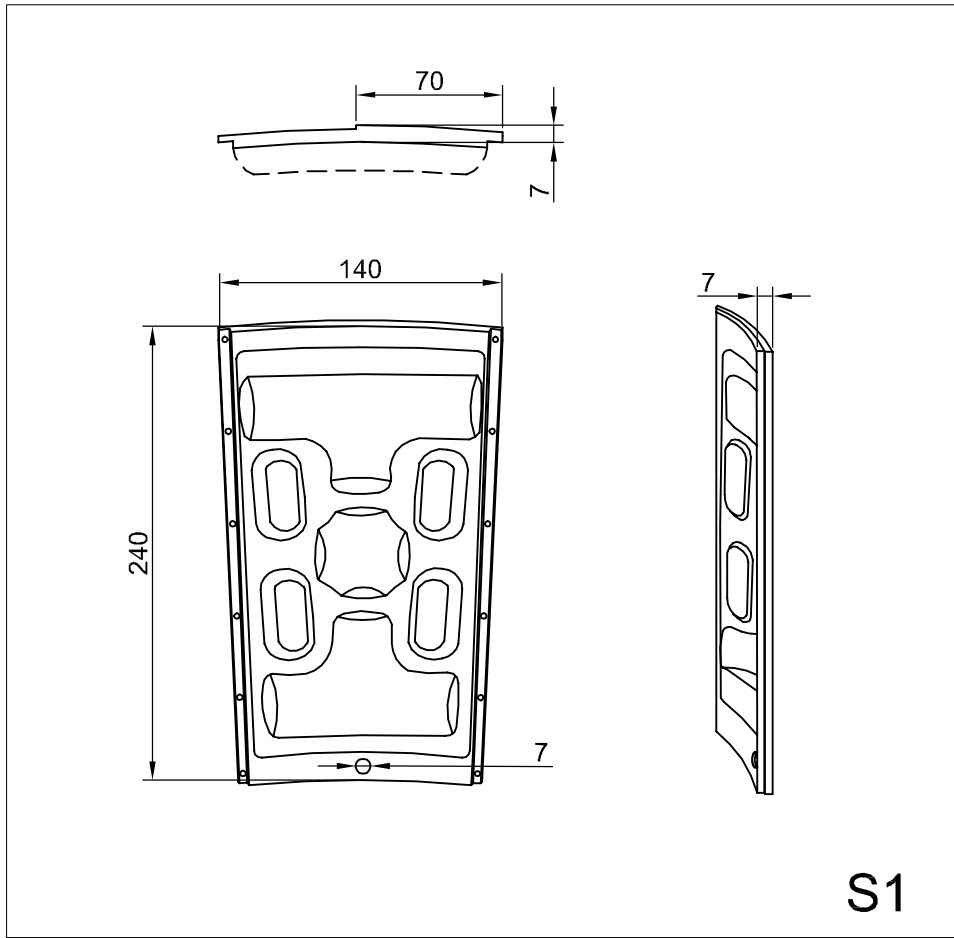
3

4

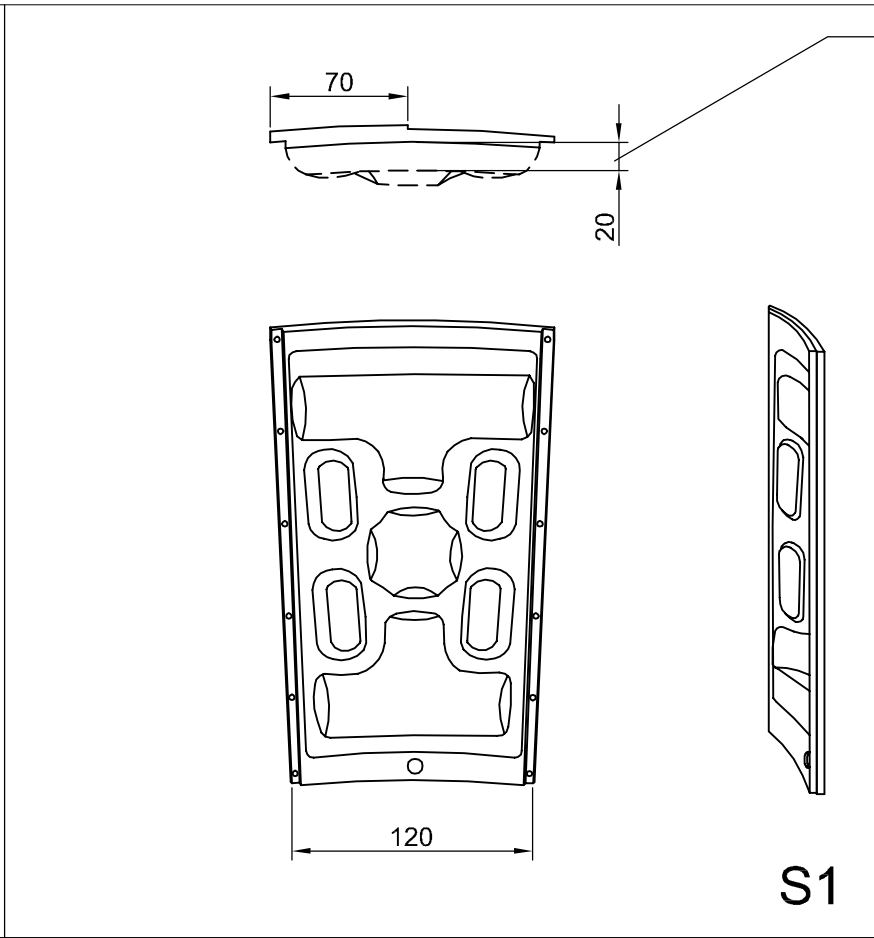
5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ

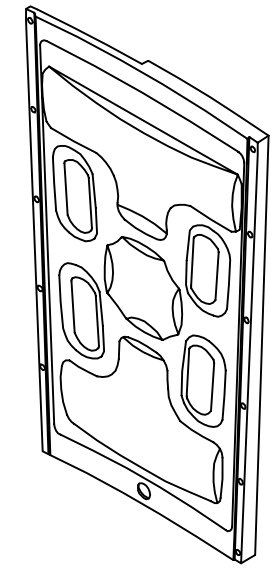


S1



S1

El sistema de inflado se incrementará 2cm



A

B

C

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:4</b>
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	

D

1

2

3

4

5

6

50



1

2

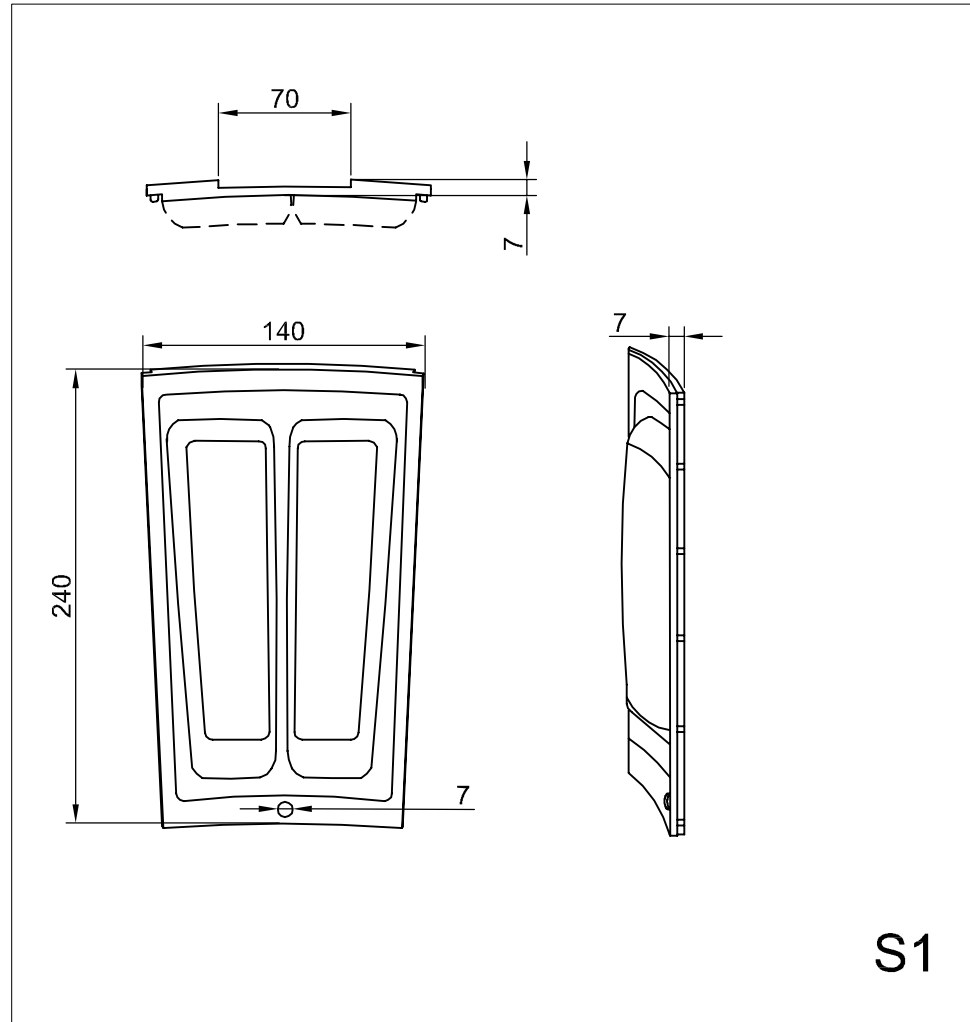
3

4

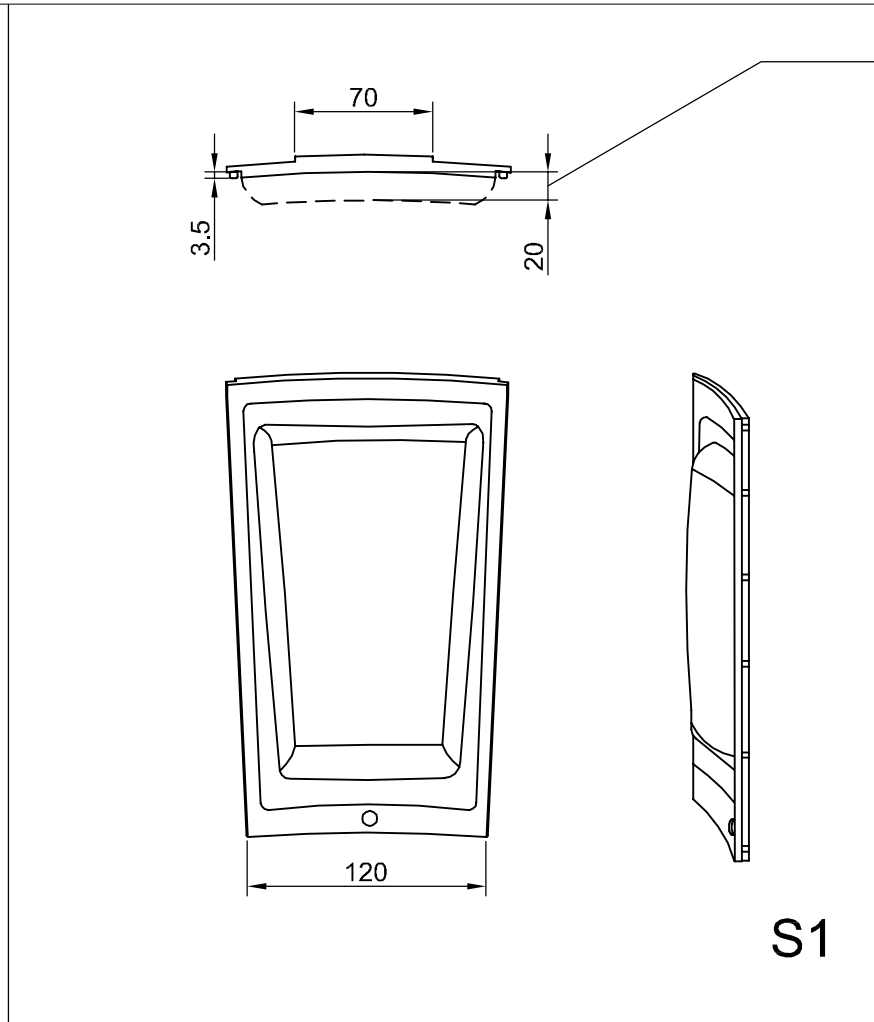
5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ

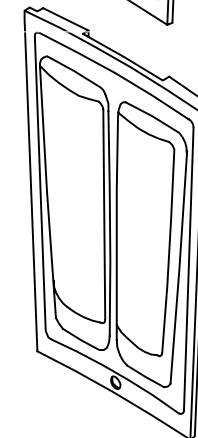
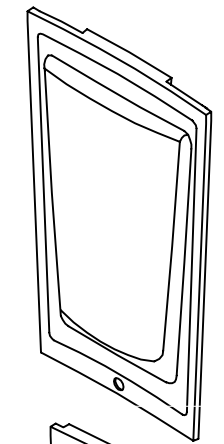


S1



S1

El sistema de inflado se incrementará 2cm



A

B

C

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:4</b>
SOCKET AJUSTABLE		<b>B4</b>	
PLANOS POR PIEZA		COTAS: mm	9 / 13

D

1

2

3

4

5

6

51

1

2

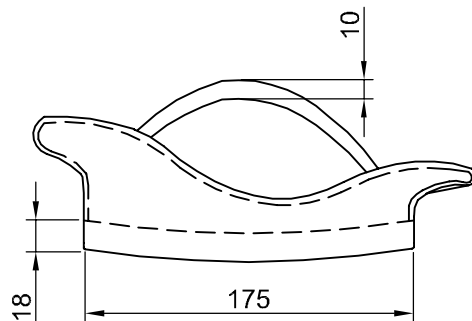
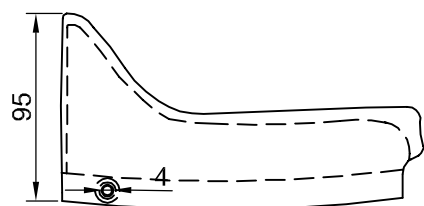
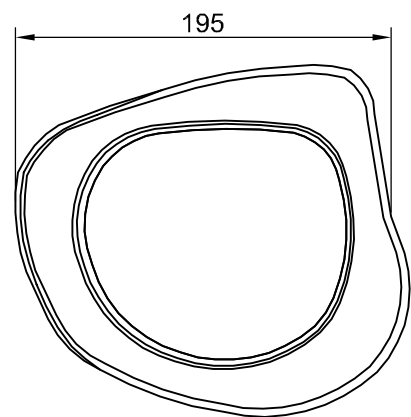
3

4

5

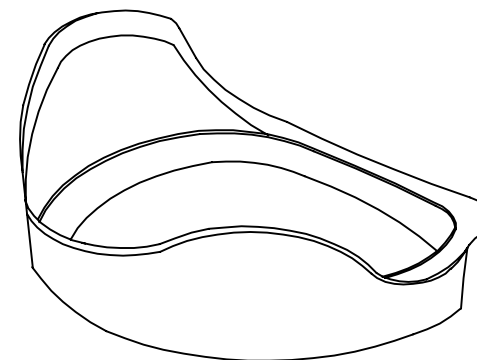
6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



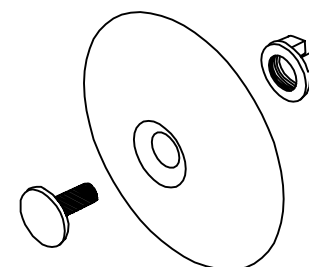
S1

1:4

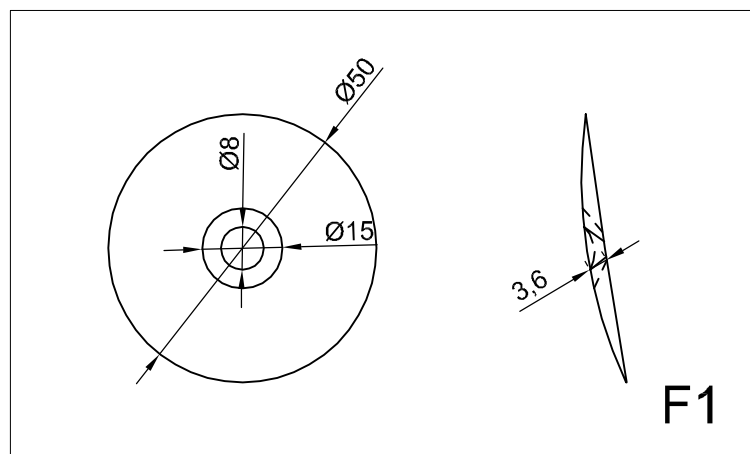


A

B

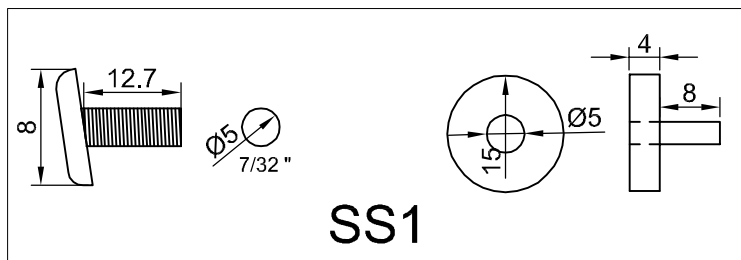


C



F1

1:2



SS1

1:1

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: VARIAS
SOCKET AJUSTABLE		<b>B4</b>	
PLANOS POR PIEZA		COTAS: mm	10 13

D

1

2

3

4

5

6

1

2

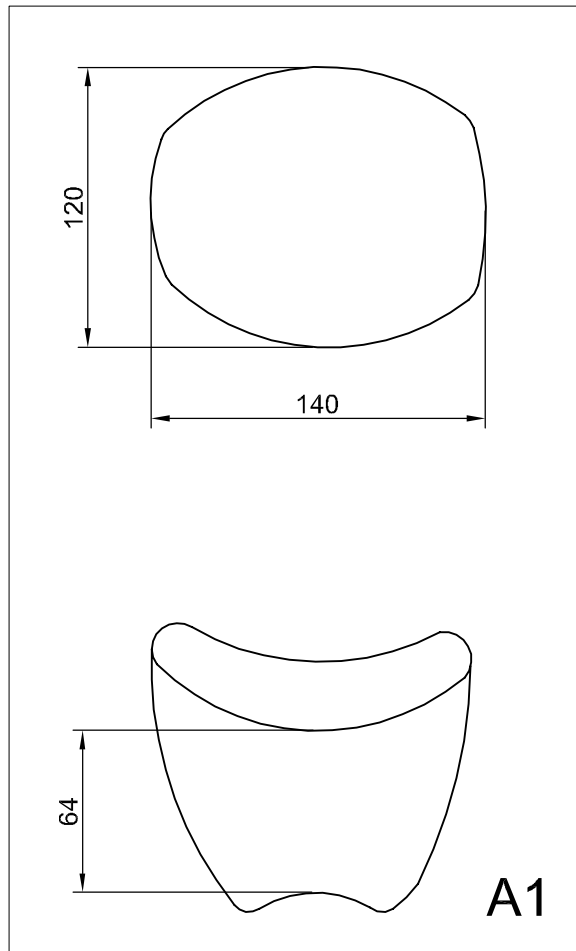
3

4

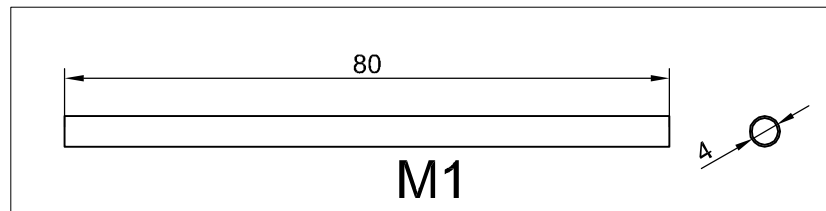
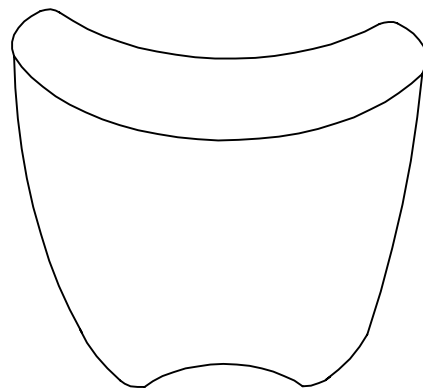
5

6

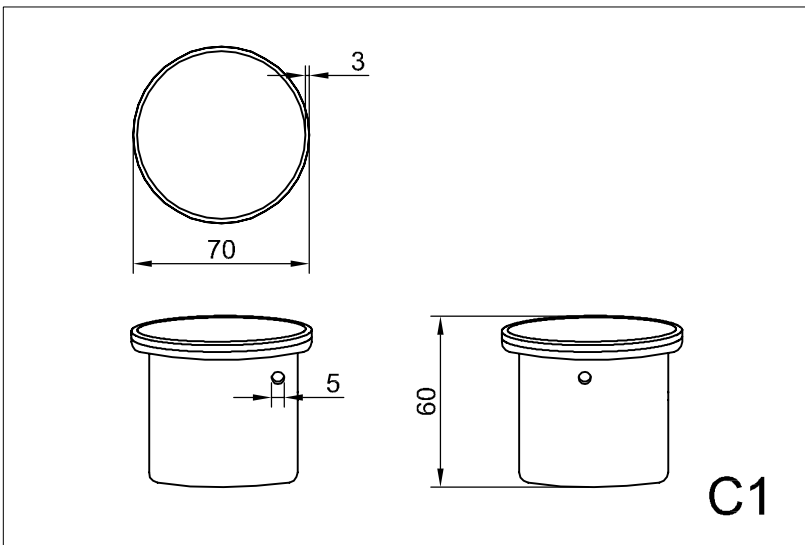
No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



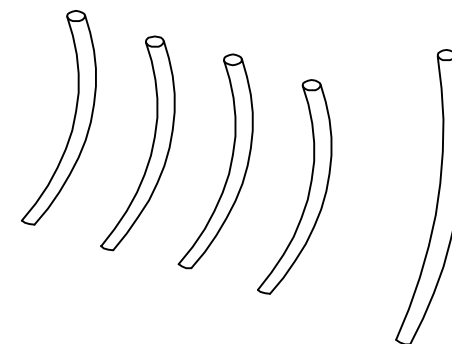
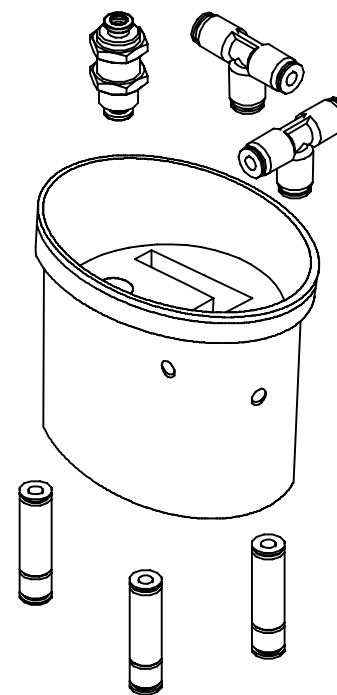
1:3



1:1



C1 1:3



HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: VARIAS
SOCKET AJUSTABLE		<b>B4</b>	
PLANOS POR PIEZA		COTAS: mm	11 13

A

B

C

D

1

2

3

4

5

6

1

2

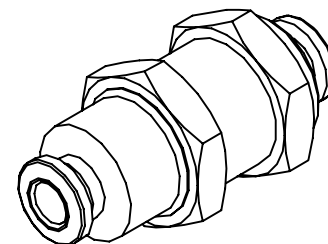
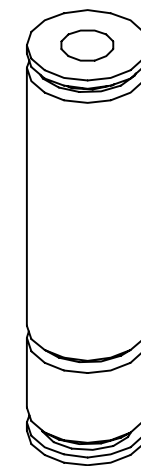
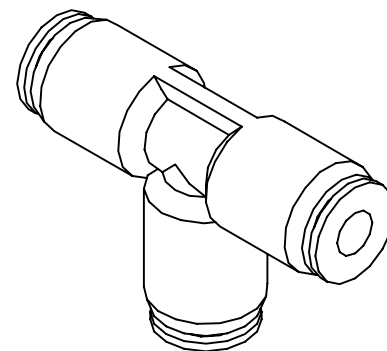
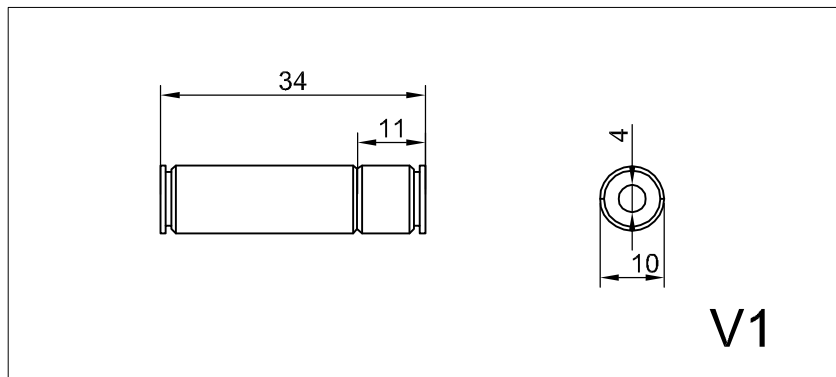
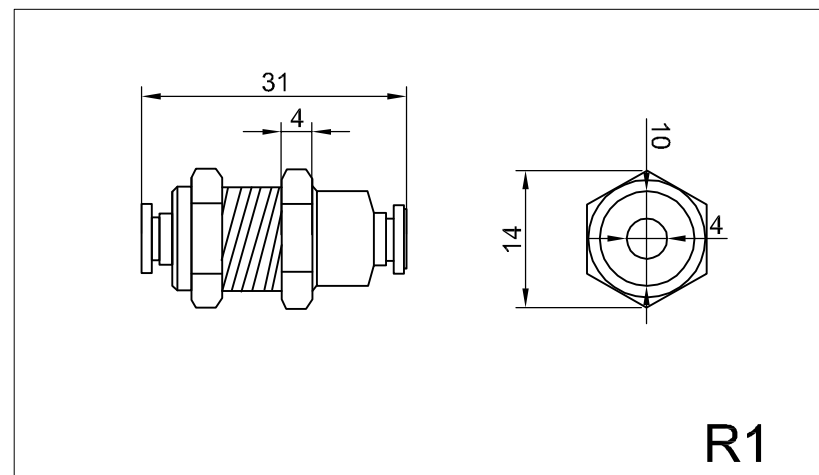
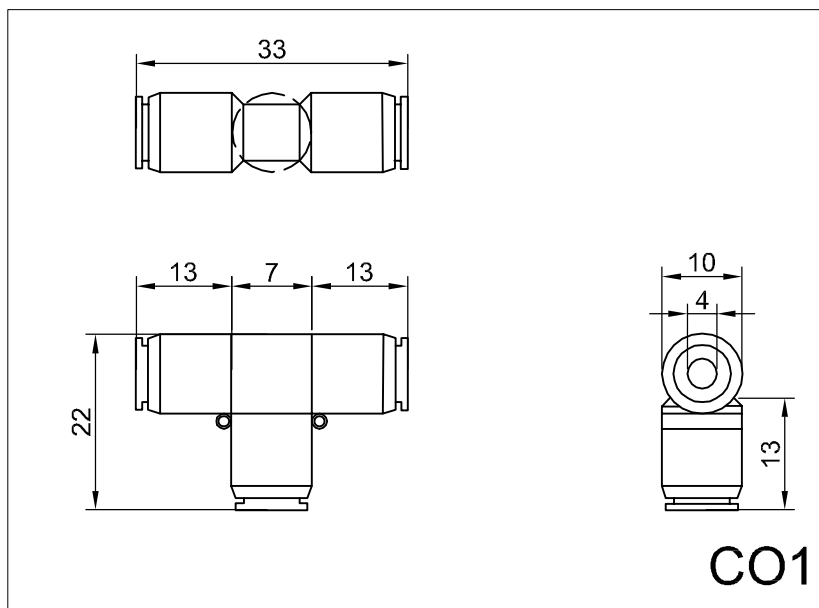
3

4

5

6

No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ



A

B

C

D

HERNÁNDEZ NALLELY	<b>CIDI - UNAM</b>	FECHA: ABRIL 2010	ESCALA: <b>1:1</b>
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>		<b>B4</b>	
<b>PLANOS POR PIEZA</b>		COTAS: <b>mm</b>	12 13

54

1

2

3

4

5

6

1

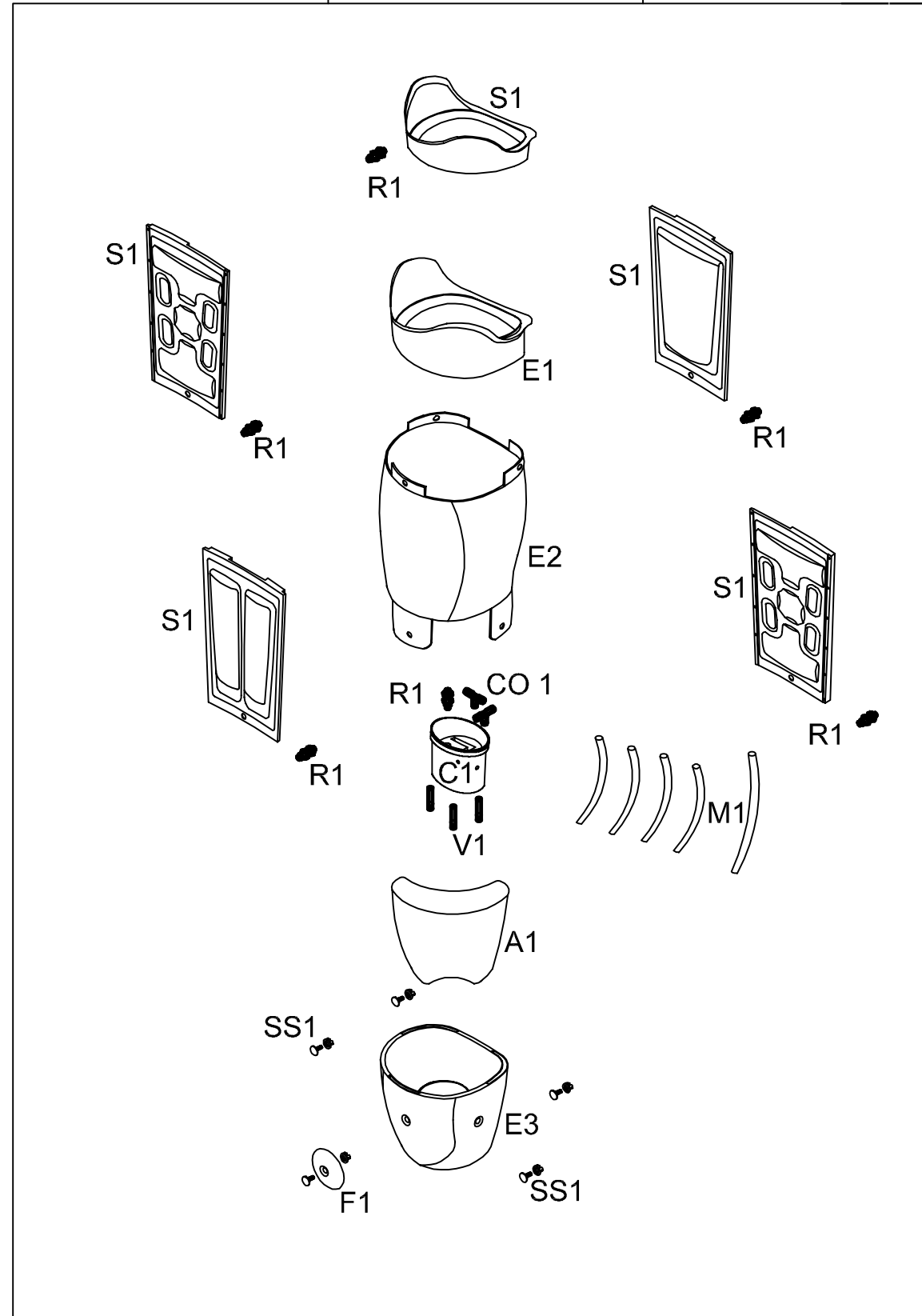
2

3

4

5

6



No.	COORD.	MODIFICACIÓN	FECHA	AUTORIZÓ

F1	1	Frontal	Aluminio, PP	Maquinado, inyección
SS1	4	Sist. de sujeción	Aluminio, PP	Estándar
M1	1 mt	Manguera 4 mm		Estándar
R1	6	Racor	ABS	Inyección de plástico
CO 1	2	Conector en T	ABS	Inyección de plástico
V1	3	Válvulas Antirretorno	ABS	Inyección de plástico
C1	1	Contenedor de válvulas	HDPE, PP	Inyección, maquinado posterior
A1	1	Amortiguador	Silicon de grado médico	Inyección en molde o vaciado
S1	5	Sist. de ajuste por aire	Silicon de grado médico	Inyección en molde o vaciado
E3	1	Estructura carcasa	HDPE, PP	Inyección, maquinado posterior
E2	1	Estructura carcasa	HDPE, PP	Inyección, maquinado posterior
E1	1	Abrazadera	HDPE, PP	Inyección de plástico
CLAVE	CANT.	NOMBRE	MATERIAL	PROCESO Y ACABADO

HERNÁNDEZ NALLELY		<b>CIDI - UNAM</b>		FECHA: ABRIL 2010	ESCALA:
<b>SOCKET AJUSTABLE</b>				<b>B4</b>	
<b>DESPIECE</b>				COTAS: <b>mm</b>	13 13

A

B

C

D

1

2

3

4

5

6

# Capítulo 4. Documentación e Investigación

## FUNCIÓN

### 4.1 Funciones del miembro inferior (pierna)

Descripción de la función que realiza el miembro inferior

El miembro inferior forma una unidad anatómo-funcional, cuya misión fundamental es realizar el apoyo en la estática (**bipedestación**) y en la dinámica (marcha, carrera, etc.). Junto a esta misión fundamental de apoyo podemos citar otras funciones importantes del miembro inferior ligadas a la anterior, como son lograr la amortiguación de los impactos y las fuerzas del peso corporal, lograr la estabilidad del miembro durante el apoyo y conseguir la progresión del centro de gravedad corporal durante la marcha. Para que los miembros inferiores puedan llevar a cabo su función, se necesita una gran movilidad en sus articulaciones, al tiempo que una buena estabilidad articular, para evitar el "colapso" de las mismas durante el apoyo, o la posibilidad de lesiones mecánicas articulares por inestabilidad, finalmente se necesita una correcta alineación de los miembros inferiores.

De este modo podrán tener lugar las actividades funcionales requeridas a este nivel, como son la bipedestación, la **deambulación**, la **sedestación**, las transferencias, los cambios de posición y otras actividades de la vida diaria.

(Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006)

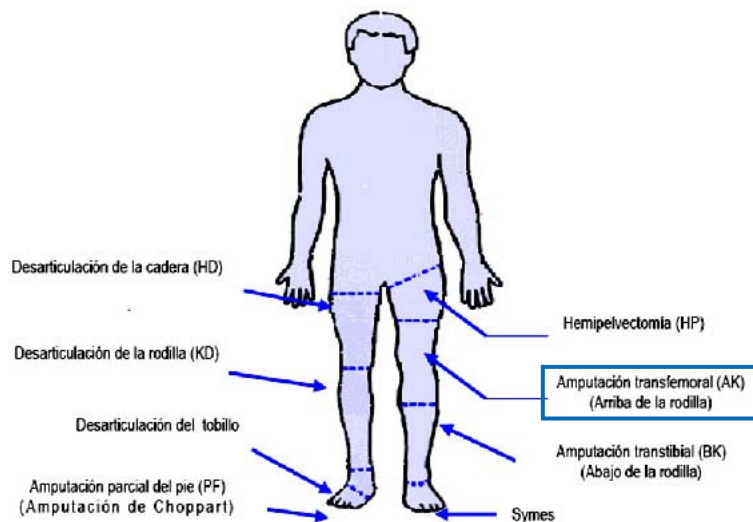


FIG.70 Tipos de amputación: \*Arriba de la rodilla o Transfemoral (AK). Se refiere como una amputación transfemoral porque la amputación ocurre en el muslo, a través del hueso femoral (fémur).

Cuando se produce una amputación del miembro inferior, salvo que sea una amputación menor, se pierden todas estas funciones. Se pierde la capacidad de apoyo, tanto en bipedestación como durante la marcha; se pierde la capacidad de amortiguación de impactos y de adaptación funcional de la longitud del miembro inferior (acortamiento y alargamiento) en las diversas fases del ciclo de marcha; así mismo se pierde la información sensitiva procedente del pie y del resto del segmento amputado. En estas circunstancias, para recuperar la capacidad de bipedestación, de marcha y de transferencias, es necesario llevar



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

a cabo un proceso de rehabilitación y protézización adecuados.

### •Definición de prótesis y Amputación transfemoral

Definición de amputación transfemoral:

Es la amputación que se presenta a nivel del muslo, por encima de la rodilla.

Definición de prótesis:

Es el dispositivo que proporciona apoyo o sustituye al miembro perdido del cuerpo.

Definición de prótesis femoral:

La prótesis para amputación transfemoral es el dispositivo externo utilizado para reemplazar la ausencia del miembro inferior a nivel del muslo, por encima de la rodilla. Una prótesis para amputación femoral está formada por los siguientes elementos:

- Socket: Tipo de socket y método de suspensión.
- Rodilla protésica.
- Segmento intermedio: tubo de muslo y de pierna y adaptadores.
- Segmento distal: articulación protésica de tobillo-pie.

(Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, *Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior*, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006)

### 4.2 Definición de socket

Porción de la prótesis que se acomoda alrededor del muñón y a la cual están conectados los demás componentes. El socket es la parte más importante de la prótesis y sirve para alojar el muñón y desempeña funciones de apoyo, amortiguación, acoplamiento, control, coordinación, e interacción entre el paciente y “la pierna artificial” (La cual se compone por la rodilla, pílón o caña y el tobillo o pie).

#### •Sockets utilizados en la amputación transfemoral:

El socket es la pieza más importante de un dispositivo protésico, actualmente existe una enorme gama de técnicas, estilos y formas para fabricarlo. Los materiales empleados para su construcción han variado a través del tiempo, ya que se registran sockets elaborados con madera, hierro fundido, cuero, etc.

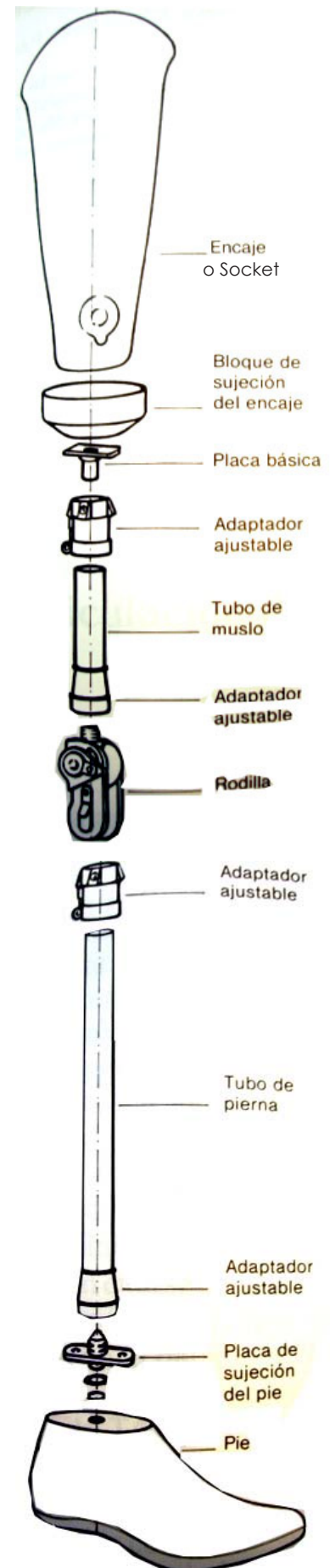


FIG.71 Piezas que componen a una prótesis o “pierna artificial”



hasta los materiales usados actualmente como son las resinas poliéster, el silicón, el grafito, la fibra de vidrio y la fibra de carbono.

De todos los cambios y adelantos en la industria de las prótesis, ninguno ha tenido un impacto más grande que el diseño del socket transfemoral (AK). Se ha progresado desde los sockets de madera y los sockets cuadriláteros laminados, hasta el diseño popular actual del socket de contención isquiática.

(Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006)

### ●Socket cuadrilateral

Difiere sustancialmente de la forma cilíndrica del muñón. Las diferencias provienen de las modificaciones realizadas con el fin de distribuir presiones. El interior del socket lo forman 4 lados del contorno irregular con entrantes y salientes. Los entrantes sirven para presionar determinadas áreas del tejido blando con el fin de ayudar a soportar peso, mientras que los salientes evitan presiones excesivas sobre los músculos en contracción, tendones y puntos óseos prominentes. La altura de los lados del socket es desigual. La pared o lado medial transcurre horizontal a 1.5cm por debajo del **perineo** y se une a la pared posterior, de igual altura, hasta unos 2/3 de la longitud total, donde comienza a ascender hasta alcanzar el nivel más alto a la mitad de la longitud de la pared lateral.

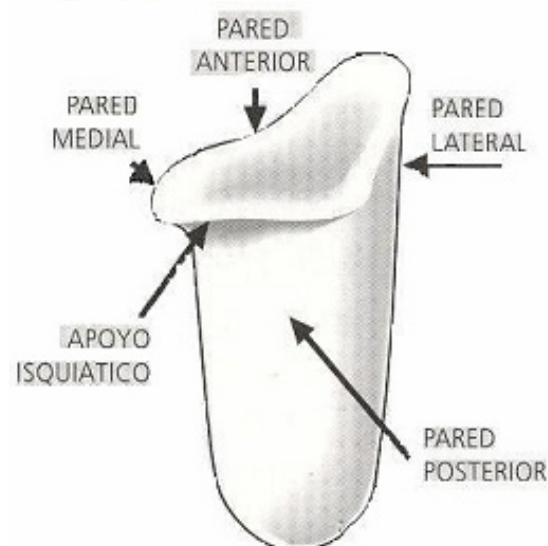
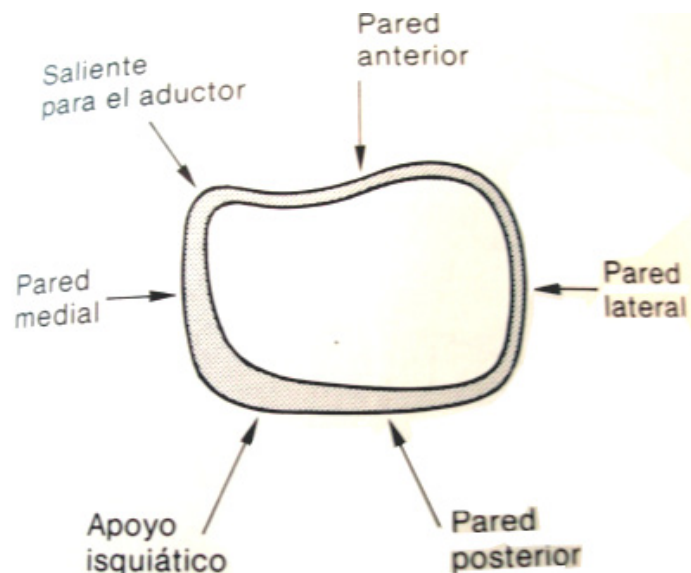


FIG.72 Socket cuadrilateral

A partir de aquí, desciende de nuevo hasta situarse en la pared anterior por debajo del **pliegue inguinal**, para unirse finalmente a la pared medial a la misma altura que aquella.

Las alturas diferentes obedecen a causas concretas. La parte anterior, unos 7cm más alta que la posterior, tiene la misión de no permitir el desplazamiento del muñón hacia adelante, y mantener el isquión sobre su apoyo.

La zona medial no debe presionar el perineo cuando el paciente camina o ésta de pie.

La región posterior es horizontal al suelo y se sitúa por debajo de la

tuberosidad isquiática. Es el punto principal de soporte de peso del amputado. La pared lateral asciende en su punto medio 10 cm aproximadamente, con respecto a la zona perineal. Es el lado más alto y tiene por misión contribuir a que el amputado no se balancee durante la marcha. (FIG.70)

Actualmente se le conoce también como socket de contacto total, ya que está en contacto total con el muñón, incluyendo su extremo distal. Contribuye a normalizar la circulación sanguínea del muñón y ayudan al **retorno venoso**. Esto evita la formación de **edemas** y problemas dermatológicos. Estimula la respuesta sensorial del muñón, proporcionando al amputado un buen control de su prótesis.

### ●Socket de contención isquiática

Es un diseño de socket para amputación transfemoral que coloca la tuberosidad isquiática dentro del mismo. Alrededor de 1980, Ivan Large creó un diseño nuevo que ha evolucionado en el socket de contención isquiática. Este diseño tiene muchos nombres (el diseño del noroeste, la CAT-CAM, el socket de Sabolich, NSNA).

Este socket tiene una cápsula que contiene a la tuberosidad isquiática, ésta capsula permite hacer un anclaje óseo entre la tuberosidad isquiática y el trocánter, lo cual no va a permitir un movimiento medio lateral. Usa como referencia la cresta iliaca anterosuperior, para marcar los bordes de la pared anterior del socket, para no provocar algún tipo de lesión en el muñón del paciente. (Ing. Biomédico Carlos Galván Duque, INR, Laboratorio de Ortesis y Prótesis)

Sus puntos de apoyo son la rama del isquión, el candado óseo por debajo del trocánter mayor que es con la pared lateral del fémur. Y apoyo en la parte anterior, que es el triángulo de scarpa y un encapsulamiento total del volumen del muñón. No existe una carga específica en cierto punto, si no, es en toda la superficie volumétrica del muñón. (Lic. en Ortesis y Prótesis, Francisco González Armendáriz, Director General de ORPROTEC).

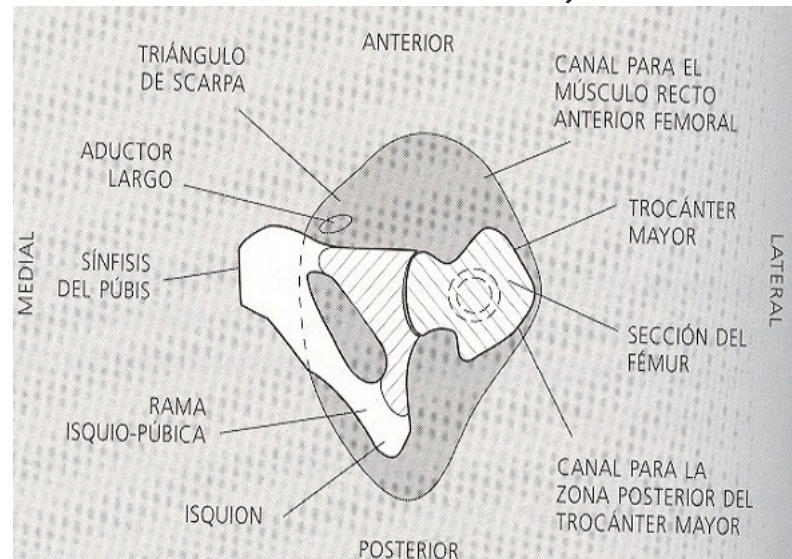


FIG.73 Socket de contención isquiática

## ●Sockets Flexibles

La historia de los socket flexibles, datan desde hace algunos años. El artículo hecho por Charles Pritham "Experiencia con el socket escandinavo flexible", que proporciona un resumen conciso de su desarrollo.

En el presente hay numerosos sistemas de sockets flexibles usados en Estados Unidos y alrededor de todo el mundo.

Éstos sockets difieren en diseño en dos grandes áreas: la interfase del socket flexible y el socket exterior rígido (duro).

El socket flexible es actualmente usado con tres tipos de soportes mecánicos:

- 1.- El soporte del socket sea totalmente rígido.
- 2.-Socket rígido con estrategias de ventilaje.
- 3.- Con una estructura de diseño.

Las prótesis discutidas por el R. Volkert en el artículo "El tipo de socket para prótesis de miembro inferior", es construido con el socket exterior y una interface media elástica.

Este sistema puede acomodarse a los cambios del volumen del muñón, por lo tanto, esto parece ser útil con los primeros amputados.

El socket Couple (TC) es una prótesis que entre en la rodilla, utiliza polietileno en la interfase flexible y en la interfase externa polipropileno.

Aquí no hay ventilaje en el socket externo, y no tiene algunos beneficios de reatralimentación sensoriales como el ventilaje.

La ventaja de éste sistema es el del polipropileno por su peso ligero.

## Socket externo

El trabajo realizado en el Instituto de Medicina y Rehabilitación en el Centro Médico de la Universidad de Nueva York, esta detallado en "Técnica para prótesis de socket flexible". Están descritos dos sistemas en el artículo, ambos tienen un socket externo rígido con ventanas cortadas en localizaciones estratégicas.(FIG.74)

La interfase es termoformado de polietileno o de lámina de elastómero de silicón.

Actualmente en Estados Unidos el socket externo con la interfase termoplástica, parece ser el más comúnmente usado. Aquí estan las mejores técnicas de fabricación para el marco del sistema que se describe. Éstos son: el IPOS sistema, el ISNY y el sistema SFS (Técnica Fillauer).

Descripción de estos tres sistemas:

1.- IPOS: Usa ipolen que es una fórmula especial de polietileno y que proporciona un socket uniforme en espesores y contracciones pequeñas en el material. El socket resultante es traslúcido. (FIG. 75)

2.- ISNY: El sistema prefiere polietileno que tuvo una tendencia a contraerse. NYU reporta que esta contracción no es un problema, este socket es algo traslúcido. (FIG.76)

3.- SFS: Éste sistema recomienda el material Surlyn, pero puede ser

usado el polietileno. Surlyn es un plástico termoformable con pequeñas contracciones y proporciona un socket transparente.(FIG.77)

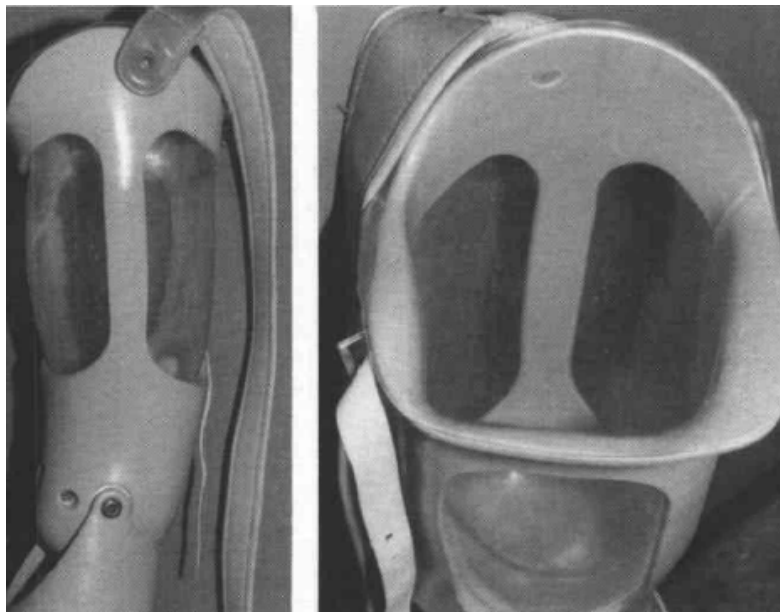


FIG.74 Socket realizado en el Instituto de Medicina y Rehabilitación: Soporte con ventanas en áreas estratégicas.

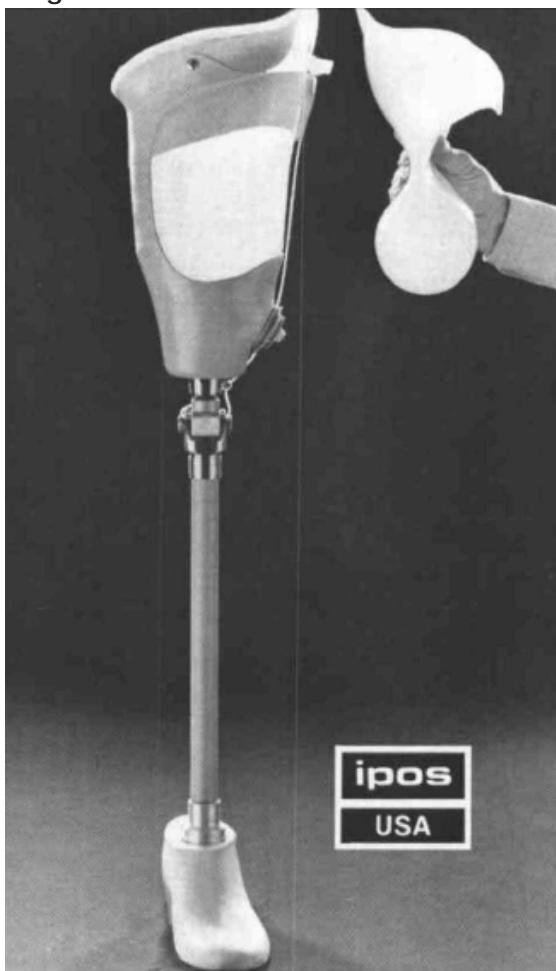


FIG.75 Socket IPOS

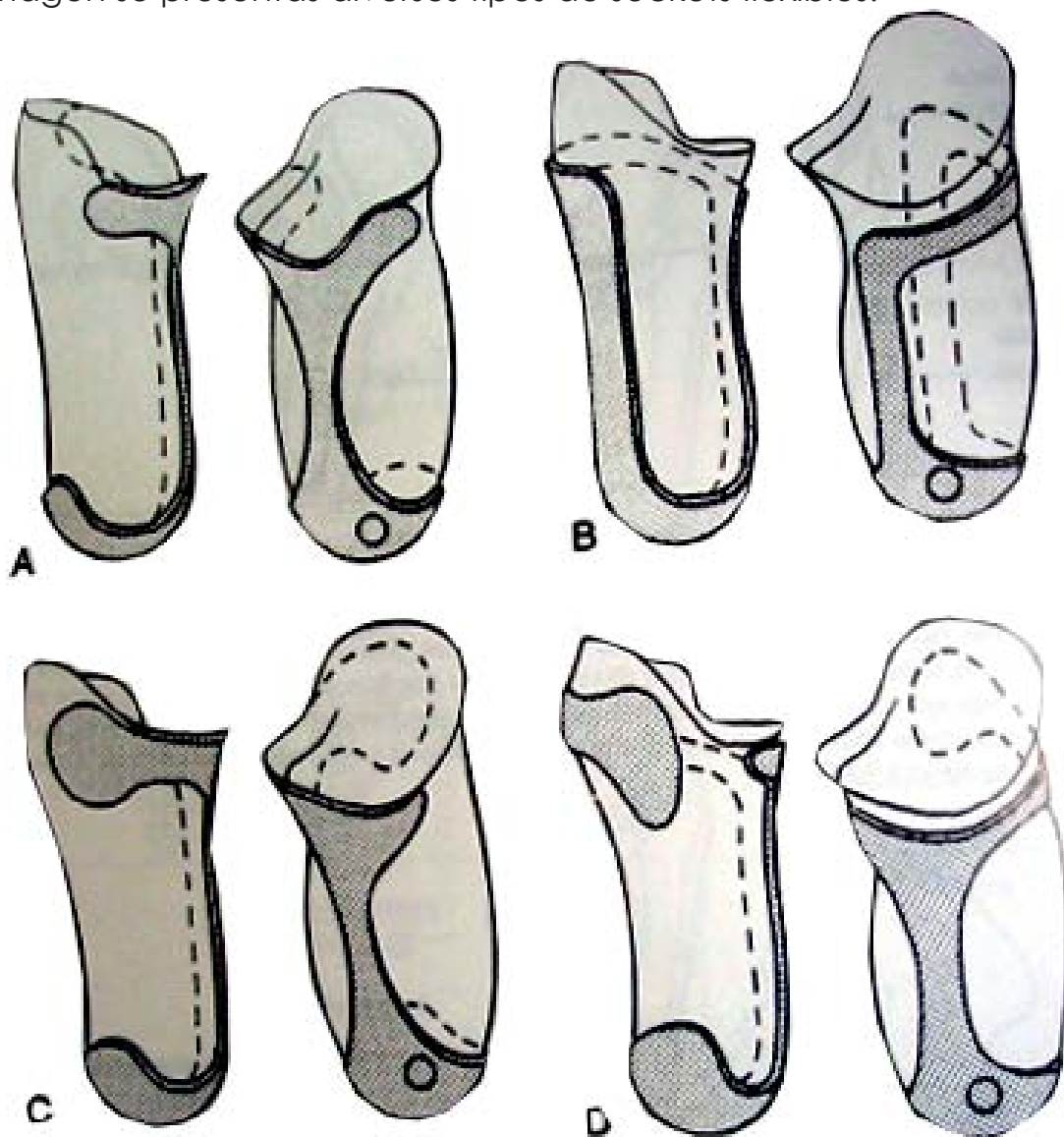


FIG.76 Socket ISNY



FIG.77 Socket SFS

En esta imagen se presentas diversos tipos de sockets flexibles:



**FIG.78 Sockets flexibles, diversas configuraciones**

- A)** El diseño de socket flexible escandinavo de Durr-Fillauer Medical , en éste socket se muestra aspectos en el posterolateral (izquierdo) y el anteromedial (derecho).
- B)** El estilo Sabolich (Scott Sabolich Prótesis e Investigación), con una total flexibilidad para el uso de un socket de contención isquiática.
- C)** Para un socket con estilo de contención isquiática con respaldo posterior y una almohadilla posterior más grande que el trocánter y un borde distal como soporte para que no haya rotación posteriormente, entonces ésto con intención de soportar el posterolateral al final del fémur.
- D)** Un marco similar al que se mostró en C con una extensión anterior soportando la almohadilla del soporte lateral, proporcionando total flexibilidad posterior . El marco es cortado por la línea de corte del socket, así provee flexibilidad al borde.

## Conclusiones de la investigación en la parte de Función:

Está información sirvió para saber sobre los sistemas de contención que hay en los sockets actualmente, y de los cuales se eligió el socket cuadrilateral porque resulta más fácil de estandarizar, ya que el sistema de contención isquiática encápsula al isquión y tiene que ser muy personalizada.

Se aplicaron bases de sockets flexibles para mejorar la comodidad y movilidad del paciente, ya que el material interior del socket al no ser tan duro evita molestias, y por lo tanto la parte exterior rígida del socket se concluye debe ser muy resistente en puntos estratégicos como lo son los apoyos, ya que éstos cargan el peso de la persona.

Se concluyó que el sistema de suspensión es mediante presión generada por un sistema de ajuste por aire (que se compone de bolsas inflables cálculadas por la Facultad de Ingeniería para adaptarse a la estructura anatómica del muñón). También este sistema de suspensión se puede ayudar de cinturón de neopreno o silesiano para mayor seguridad del paciente si es que se requiere.

Se delimitó el sistema en general del socket a determinadas características de usuario, para que tenga una función plena de la prótesis en sus actividades cotidianas.

## MERCADO

### 4.3 Competencia (con tabla comparativa de precios)

En este apartado se investigaron sobre 2 empresas relevantes a nivel mundial de prótesis para miembro inferior y sobre los socket que realizan aquí en México los protesistas.

- La primer empresa es **Ottobock**, la cual fue fundada en Berlín desde 1919.

Max Näder fundó el Otto Bock Kunststoff en 1953 ("Kunststoff" significa "plástico"). Hoy, la compañía es un socio importante en tecnología para Otto Bock HealthCare así como un exitoso promotor y suministrador de plásticos. Tiene productos en 140 países

Otto Bock desarrolló la idea de fabricar componentes protésicos con producción en serie y para entregarlos directamente al técnico ortopédico en su lugar de trabajo. Esta fue la piedra angular en la industria ortopédica.

Los sockets flexibles con socket externo rígido \$2,800 pesos.



Otto Bock®  
QUALITY FOR LIFE

Actualmente esta empresa se dedica a la investigación de nuevos materiales, y aplica en prótesis materiales de última generación los cuales están diseñados para que el usuario pueda personalizarlos.



FIG.79 Sockets personalizados en ottobock

Es un líder global en ortopedia, trabaja con la más avanzada tecnología para ayudar a cambiar las vidas. Realiza pruebas científicas en sus diseños poniendo énfasis en resultados clínicos.

Los sockets en Össur tienen un precio aproximado de \$3,000 pesos.



FIG.80 Sockets flexibles, ottobock



FIG.82 Socket de Össur

●La segunda empresa es Össur fundada en Reikiavik, Islandia por Össur Kristinsson.



*Life Without Limitations®*

●Los sockets que se realizan en México los protesistas, están hechas a base de resina poliéster con refuerzo de fibra de vidrio o carbono pero esto depende del presupuesto de la persona, aunque también los usuarios pueden elegir enviar hacer su prótesis con las empresas anteriormente mencionadas.

El precio de este socket están entre \$2,000 y 2,300 pesos pero el aumento del costo depende la fibra que se aplique.



FIG.81 Prótesis de Össur



FIG.83 Socket hecho por protesista en México

Tabla de precios:

EMPRESA	COSTO -SOCKET
OTTOBOCK	\$2,800
ÖSSUR	\$3,000
PROTESISTA MÉXICO	\$2,000-\$2,300

Conclusiones de la investigación de mercado:

Ya que todos los socket son fabricados actualmente artesanalmente, esto es que se requiere realizar por el protesista personalizado, en este proyecto se propone automatizar y estandarizar en tallas los socket, con determinadas características que se explicaron en capítulo 3 del desarrollo del proyecto.

Ya que casos especiales como son de origen congénito tendrán que realizarse de manera personalizada.

Considero que este producto tiene varias ventajas con la competencia con el sistema de ajuste estándar, la propuesta de la abrazadera y la estructura (carcasa).

## PRODUCCIÓN

### 4.4 Fabricación actual de los sockets para miembro inferior

Actualmente los sockets son fabricados artesanalmente en este capítulo se explica los pasos que la competencia sigue para fabricar sockets:

• **Ejemplo 1: Fabricación Össur:** El proceso para fabricar el socket consiste en tener un molde del muñón el cual es cubierto con fibra de vidrio, posteriormente se van colocando bolsas de plástico que están a succión mediante aire. Al final se hace un vaciado de silicón mediante una pistola el cual cubre la fibra de vidrio originando resistencia en el socket.

1



2





3



6



4



7



5



8



9



12



10



13



11



14



15



18



16



19



17



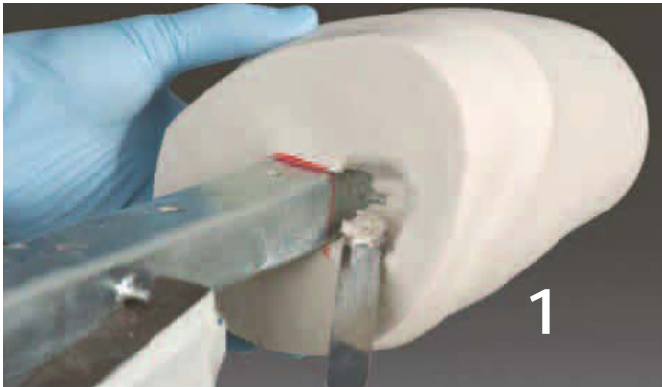
20



FIG.84 Procedimiento para realizar socket en Össur

## •Ejemplo 2: Fabricación Otto-bock:

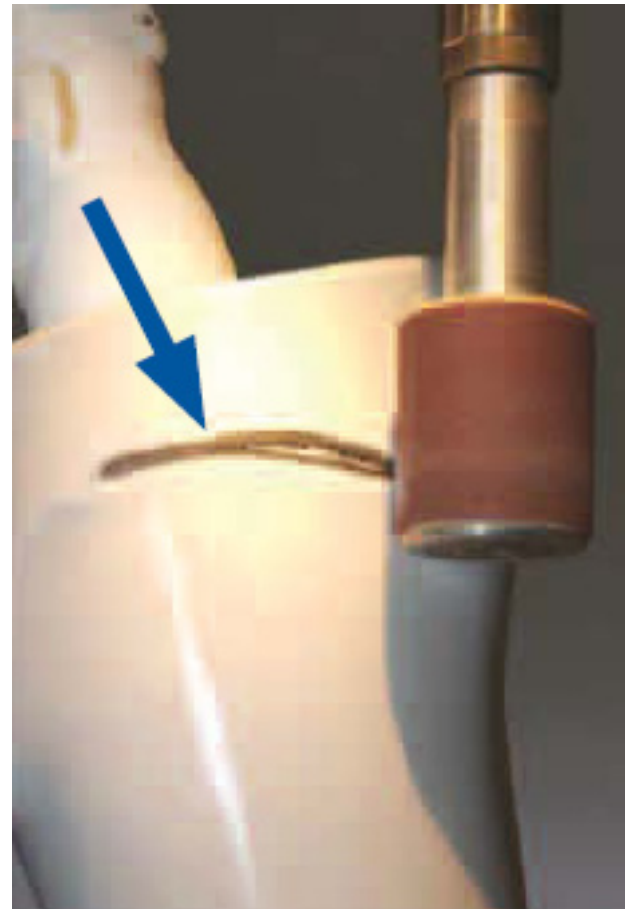
Se genera un molde de yeso. Ya que está posicionado el molde de yeso se termoforma (polietileno o polipropileno que es más resistente), posteriormente encima de éste se coloca fibra de carbono junto con resina, al finalizar encima de todo este sandwich, se termoforma PETG, y de esta manera queda el socket final.



3



4



2



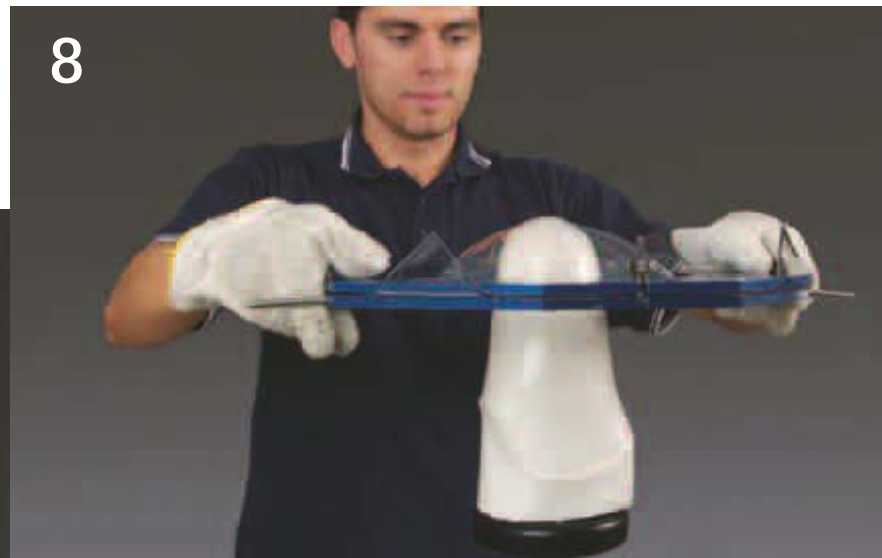
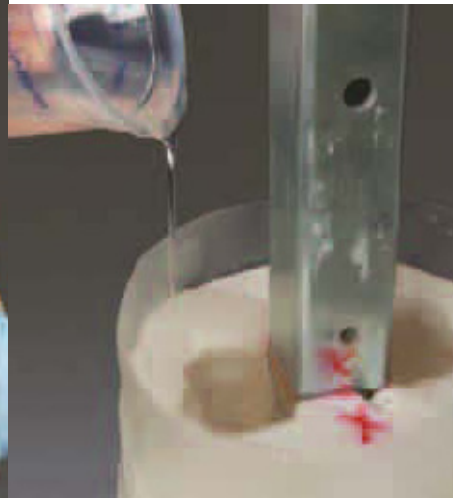


FIG.85 Procedimiento para realizar socket en Ottobock

• **Ejemplo 3: Fabricación protesistas- México:**

Es muy parecido al proceso de Össur, solamente que aquí se realiza con herramental menos preciso y el vaciado final en la fibra de vidrio es con resina poliéster con una carga de colorante rosa.

Al igual que el ejemplo 1 se usa succión para que no se generen burbujas en la unión de la fibra de vidrio y la resina.

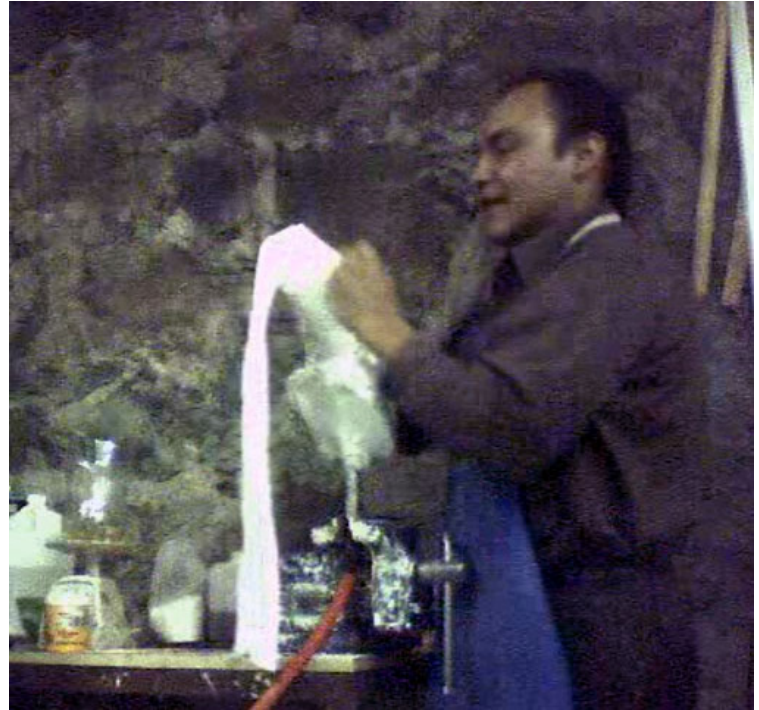
1



2



3



4



5



Conclusión de la investigación de producción:

En este apartado, se llegó a la conclusión de que las grandes empresas manejan procedimientos parecidos a los que realizan protesistas mexicanos. La diferencia es el control con la que ellos manejan el proceso y en comparación con Ottobock los materiales, aunque hay empresas que sí elaboran técnicas con termoplásticos y refuerzos de fibra de vidrio o carbono.

El proceso que se muestra de protesistas mexicanos es el más económico.

Solo que en este proyecto ya que se propone una automatización y mediana producción, se requiere más detalle sobre tipos de materiales a emplear y procesos (**para más detalle ver ANEXO D**).

6



En el diseño final se proponen dos procesos según la demanda del producto: termoformado e inyección de plástico, en este último se recomienda considerar a la población mundial, con las características específicas de población registrada en el capítulo 3. Se tiene que tomar toda esta población ya que se está empleando varios moldes y maquinaria de producciones no artesanales.

Los materiales que se proponen para el socket son polímeros reforzados con fibra de vidrio o de carbono (en donde el polímero base sea polietileno o polipropileno que es más resistente), o en todo caso en el proceso de inyección se inyecte primero polietileno o polipropileno, y después la fibra que lo reforzará (doble inyección).

FIG.86 Procedimiento protesistas mexicanos

4.5 Definición de Antropometría

Es una técnica que obtiene datos de medidas del cuerpo que describan confiablemente las características del grupo, la raza, la población que se estudia.

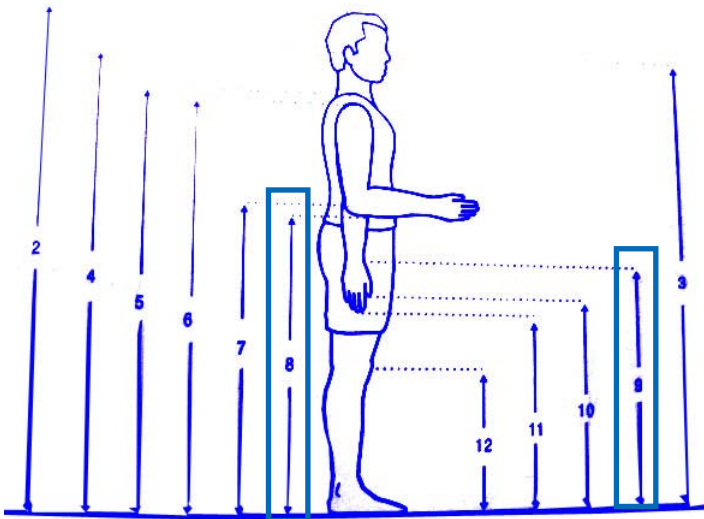
La antropometría aplicada al diseño es el uso de métodos de medición física, científica a los sujetos humanos para el desarrollo de estándares de diseño, que sirven para dimensionar el producto y/o establecer una estrategia para considerar como el objeto se ajustará a las dimensiones de la futura población usuaria.

● Tablas antropométricas de la población latinoamericana

Para éste proyecto se usaron la antropometría estática que mide al cuerpo mientras este se encuentra fijo en una posición, permitiendo medir el esqueleto entre puntos anatómicos específicos.

Para obtener estos datos se usaron las tablas antropométricas de la población latinoamericana.

Medidas antropométricas en la posición de pie, Estudiantes Sexo masculino , 18 a 24 años.

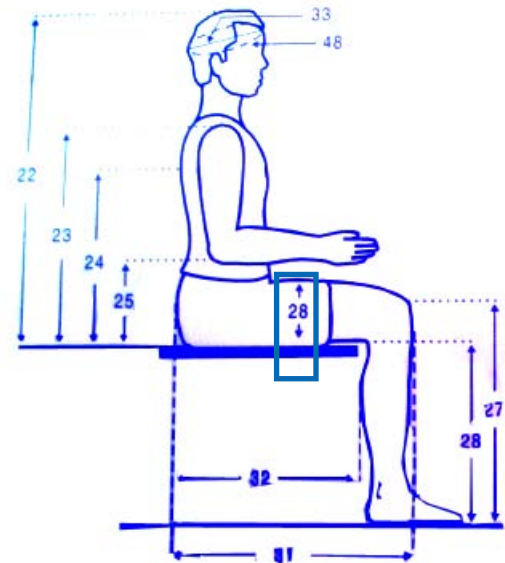


MÉXICO:

Dimensiones	19-24 años (n=97) PERCENTILES				
	x~	D.E	5	50	95
1. Peso (Kg)	68.2	12.4	47.7	64.9	88.7
2. Estatura	1709	63	1605	1708	1813
3. Altura ojo	1595	62	1493	1588	1697
4. Altura oído	1571	62	1469	1567	1673
5. Altura vertiente humeral	1428	59	1331	1423	1525
6. Altura hombro	1395	59	1298	1392	1492
7. Altura codo	1082	50	1000	1081	1164
8. Altura codo flexionado	1052	48	973	1055	1131
9. Altura muñeca	835	50	752	832	918
10. Altura nudillo	744	43	673	744	815
11. Altura dedo medio	649	41	556	649	717
12. Altura rodilla	479	30	430	478	529

FIG.87 Medidas antropométricas, usadas para determinar aproximaciones de volúmen en el modelo experimental

Sexo masculino de 19 a 24 años mexicano:



Dimensiones	19-24 años (n=97) PERCENTILES				
	x~	D.E	5	50	95
22. Altura normal sentado	888	33	834	890	942
23. Altura hombro sentado	587	32	534	585	640
24. Altura omoplato	447	29	399	443	495
25. Altura codo sentado	241	33	187	241	295
26. Altura máx. muslo	150	15	125	148	175
27. Altura rodilla sentado	528	26	485	527	571
28. Altura poplitea	432	24	392	431	472
29. Anchura codos	485	52	399	476	571
30. Anchura cadera sentado	372	35	314	368	430
31. Longitud nalga-popliteo	473	33	418	471	527

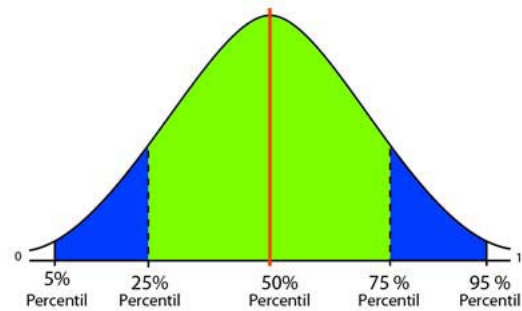
FIG.88 Medidas antropométricas, usadas para determinar aproximaciones de volúmen en el modelo experimental



(ÁVILA, Chaurand Rosalío. et.al. *Dimensiones antropométricas de población latinoamericana*. Centro universitario de arte, arquitectura y diseño, UDG. 1ª ed) Guadalajara Jalisco, México, 2001)

### ●Percentiles

Las dimensiones antropométricas de cada población son rangos por medidas y se describen en percentiles. La escala percentil esta dividida en 100 unidades. Si una persona tiene asignado un valor percentil de 95, ello significa que en una muestra típica de 100, supera a otras 95 en esa dimensión. Otra persona con un percentil de 50 esta por encima de las 50 personas inferiores entre 100 o sea que esta por encima del 50% de los casos de la distribución. Así, es común escuchar que se diseña para el percentil 5% (mujeres) 95% (hombres). Esto indica que al diseñar un producto se incluyen dimensiones que aseguran que el producto podrá ser usado por el 90% de la población para la cual el producto es diseñado.



El percentil 25% - 75% incluye al 50% de la población seleccionada

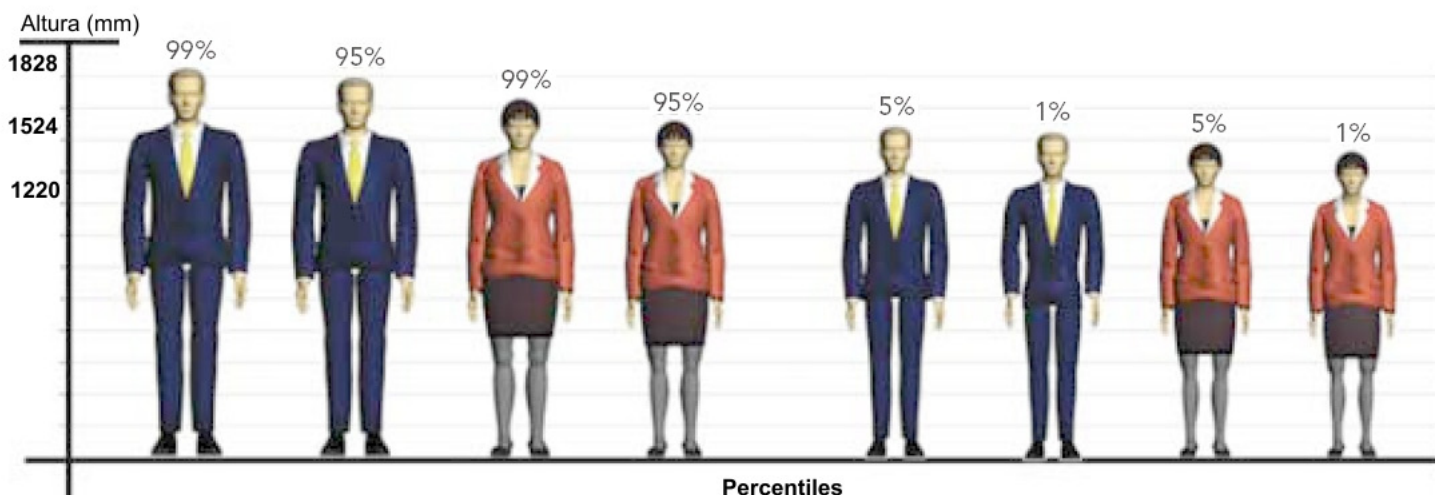
El percentil 5% - 95% incluye al 90% de la población seleccionada

**FIG.90** Gráfica que ilustra la distribución de percentiles

Un error común en los diseñadores es que consideran el percentil 50% y creen que están abarcando a la mayoría de la población, esto en realidad solo incluye a un porcentaje mínimo, aproximadamente el 10% de la población.

**Percentil 50%:** El grupo poblacional beneficiado es muy pequeño, generalmente el usuario se adapta al producto

- El tiempo de investigación e implementación es relativamente corto
- Inversión mínima, en aspectos de investigación, producción, diseño, etc.
- Al seleccionar este percentil el diseñador difícilmente recibe asesoría externa
- Implementar este percentil en el diseño de un producto es relativamente simple.



**FIG.89** Relación de los diferentes percentiles entre poblaciones de hombras y mujeres

## Percentil 25% - 75%:

- Se incluye al 50 % de la población del grupo seleccionado
- Aumentan el tiempo de investigación, desarrollo, así como la inversión que se realiza en el proyecto.
- El producto ha de desarrollar es más complejo considerando que tiene que adaptarse a las dimensiones del consumidor, lo cual puede lograrse al implementar mecanismos. Generalmente los productos que se diseñan para este percentil tienen sistemas para adaptarse a las diferentes dimensiones de los usuarios, lo que frecuentemente tiene un impacto en el costo del producto
- Los productos que incluyen este percentil implican un reto mayor para los diseñadores, que los obliga a trabajar en grupos multidisciplinarios.

## Percentil 5% -95%:

- El 90 % de la población seleccionada es beneficiada
- La inversión económica, en investigación, desarrollo e implementación es significativamente mayor al implementar este percentil. Además el proceso de desarrollo requiere varios meses.
- La complejidad del diseño aumenta, considerando que el producto tiene que adaptarse al 90 % de la población seleccionada. Esto hace que los diseñadores trabajen en equipos transdisciplinarios
- El costo del producto generalmente es más alto con respecto a otros productos que no cumplen el percentil 5-95.



FIG.91 Producto que aplica percentiles al producto

Conclusiones de la aplicación antropométrica en el producto:

Es importante mencionar que estas medidas fueron usadas para el modelo experimental (Capítulo 3), a partir de éstas se fundamentó el estándar de los moldes a través de anillos de socket cuadrilateral.

Ya que no existen medidas de personas amputadas se estableció la altura aproximada del socket con ayuda de medidas de la FIG. 87. **(ver ANEXO A).**

El sistema de ajuste por aire soporta hasta 3cm de expansión, la cual es regulada por la entrada de aire, se maneja como máximo 2cm de inflado (ver planos), aunque esto se tiene que avalar con estudios futuros de cambios de volumen de muñón.

En cuanto a números de población el dato fundamental es que se amputan 75,000 piernas al año en México, de los cuales solo una parte usará éste producto, aunque existen diversos elementos o accesorios de prótesis que pueden hacer que abarque más mercado el uso de este socket ajustable **(ver ANEXO E).**

## 4.6 Definición de Ergonomía y Ergonomía del producto

### Ergonomía

De acuerdo con la International Ergonomics Association, la Ergonomía (o Factores Humanos) es tanto:

- la disciplina científica relacionada con la comprensión de las interacciones entre humanos y otros elementos de un sistema, así como
- la profesión que aplica teoría, principios, datos y métodos para diseñar a fin de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema.

Es una disciplina que busca que los humanos y la tecnología trabajen en completa armonía, diseñando y manteniendo los productos, puestos de trabajo, tareas, equipos, etc. en acuerdo con las características, necesidades y limitaciones humanas. Dejar de considerar los principios de la Ergonomía llevará a diversos efectos negativos que - en general - se expresan en lesiones, enfermedad profesional, o deterioros de productividad y eficiencia.

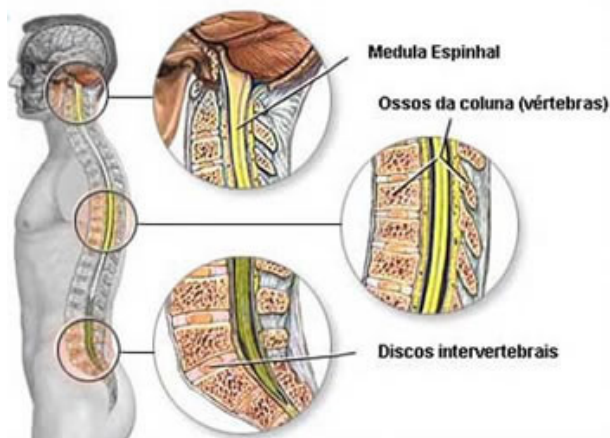


FIG.92 Lesiones por no aplicar la ergonomía en el producto: como en columna

La ergonomía analiza aquellos aspectos que abarcan al entorno artificial construido por el hombre, relacionado directamente con los actos y gestos involucrados en toda actividad de éste.

En todas las aplicaciones su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas, de manera que mejore la eficiencia, seguridad y bienestar de los consumidores, usuarios o trabajadores (Tortosa et al, 1999).

Es la definición de comodidad, eficiencia, productividad, y adecuación de un objeto, desde la perspectiva del que lo usa.

La ergonomía es una ciencia en sí misma, que conforma su cuerpo de conocimientos a partir de su experiencia y de una amplia base de información proveniente de ciencias como la psicología, la fisiología, la antropometría, la biomecánica, la ingeniería industrial, el diseño y muchas otras.

El planteamiento ergonómico consiste en diseñar los productos y los trabajos de manera de adaptar éstos a las personas y no al contrario. Los principios ergonómicos se fundamentan en que el diseño de productos o de trabajos debe enfocarse a partir del conocimiento de cuáles son las capacidades y habilidades, así como las limitaciones de las personas (consideradas como usuarios o trabajadores, respectivamente), diseñando los elementos que éstos utilizan teniendo en cuenta estas características.

## ***Ergonomía del producto***

El objetivo de este ámbito son los consumidores, usuarios y las características del contexto en el cual el producto es usado. El estudio de los factores ergonómicos en los productos, busca crear o adaptar productos y elementos de uso cotidiano o específico de manera que se adapten a las características de las personas que los van a usar. Es decir la ergonomía es transversal, pero no a todos los productos, sino a los usuarios de dicho producto.

El diseño ergonómico de productos trata de buscar que éstos sean: eficientes en su uso, seguros, que contribuyan a mejorar la productividad sin generar patologías en el humano, que en la configuración de su forma indiquen su modo de uso, etc.

Este modo de uso, el producto puede tener una característica que éste sea intuitivo, ya que el producto es multifacético.

Por ejemplo la observación inicial en personas que usan aparatos electrónicos se puede notar tres factores de uso intuitivo para cada característica del producto:

- Localización de la característica del producto
- Apariencia de la característica (ejemplo: estructura, color, forma)
- Función de la característica, como funciona.

Por lo tanto es importante la observación como diseñadores ya que es necesario considerar como usan las personas los productos de manera intuitiva

Para lograr estos objetivos, la ergonomía utiliza diferentes técnicas en las fases de planificación, diseño y evaluación. Algunas de esas técnicas son: análisis funcionales, biomecánicos, datos antropométricos del segmento de usuarios objetivo del diseño, ergonomía cognitiva y análisis de los comportamientos fisiológicos de los segmentos del cuerpo comprometidos en el uso del producto.

### **● Evaluación de un producto**

La evaluación de producto consiste en:

1. El objetivo es mejorar la usabilidad/ utilizabilidad del producto (dentro de límites establecidos, evaluar dos productos, evaluar los códigos visuales, etc.)
2. Los participantes son usuarios reales
3. Los participantes realizan tareas reales
4. Se observa y videografa lo que el participante dice y hace
5. Se realiza el análisis de la información para encontrar problemas reales y realizar recomendaciones de diseño
6. Si los resultados no son utilizados para cambiar el proceso de diseño y/o rediseñar el producto, el éxito de la evaluación es nulo.

Para realizar la evaluación del producto se determina:

- 1.- El objetivo de la evaluación
- 2.- Delimitar los alcances de la evaluación
- 3.- Determinar el contexto
- 4.- Participantes (Características)
- 5.- Recolección de información
- 6.- Prueba piloto (analizar el protocolo)
- 7.- Evaluación
- 8.- Análisis de los resultados

En este ejercicio la evaluación de productos es una herramienta de diseño, por tal razón los resultados deberán ser relevantes en aspectos de diseño

- Información que sirva para aplicarla en el diseño o rediseño de un producto
- Credibilidad de resultados mostrando acciones repetitivas o errores frecuentes



FIG.93 En la prueba de uso observar las emociones que manifiesta cuando el usuario realiza determinada tarea

Conclusiones de la aplicación de la prueba de uso en el producto:

Esta prueba ayuda a determinar la configuración final del socket ajustable, ya que se observa por medio de un video el comportamiento del usuario en este caso hacia el modelo experimental.

Es una herramienta muy importante ya que como diseñador se puede proponer un producto, pero al momento de ser evaluado por el nicho de mercado, se detecta lo que no se se esta transmitiendo adecuadamente al producto y de esta manera no se esta logrando dar a entender a usuario. Ya que el uso del producto debe ser intuitivo en base a la experiencia que tiene el usuario con productos de la vida diaria.

En este proyecto es relevante este análisis, ya que no existe una experiencia previa de un socket armado por estructuras (carcasa) independientes.

Para el armado de las válvulas y conectores es necesario del diseño de un instructivo, ya que son piezas pequeñas y no debe existir ninguna fuga al cerrar el sistema, por esta razón los elementos deben colocarse adecuadamente en su sitio determinado.

En este caso se evaluaron códigos visuales para determinar si el consumidor podía armar el socket adecuadamente y colocarse el socket ajustable (**ver ANEXO B**), y se pueden evaluar distintos puntos de un productos dependiendo del fin de la investigación.

## 4.7 Definición de estética y semántica

### *Estética*

El sentido de la belleza es algo que no surge espontáneamente si no por iniciativa e intencionalidad del hombre.

### *Estética en el diseño:*

En un típico sábado en la mañana, todo tranquilo, el rededor pocas personas en la calle- y un malestar en mi flujo de pensamientos. Yo tomo mi celular y siento como la forma es confortable a la palma de mi mano. El peso y la temperatura del dispositivo hace agradable la interacción. Presiono el pequeño joystick y un número del ícono popular en la pantalla. Veo el número de teléfono de mi amigo, y entiendo que es la imagen de un libro que se refiere al directorio. El desplazamiento hacia el ícono y el segundo click confirman mi predicción. Estoy en el buen camino, pero para conseguir llegar hasta mi amigo se requiere ir a más menús y dar click en más botones y yo realmente me irrito por la complejidad de la estructura de navegación. Y mirando sobre la papelera del directorio me doy cuenta de que habría sido más rápido llegar hasta él! Decepcionadamente yo pongo el teléfono aparte.

Lo que se describe aquí es un cuento en la típica experiencia de todos los días con un producto.

Esta es una experiencia que marca el principio y el final de un todo (Dewey 1934).

Durante la experiencia yo realizo acciones (levanto, desplazo) y recibo reacciones del dispositivo (peso, imágenes que aparecen, retroalimentación en pensamientos).

En las palabras de Dewey, aquí se esta haciendo una alternancia continua y sometidos a una experiencia.

Ya que no hay producto en cuestión, se puede llamar fácilmente una "experiencia de producto". La pregunta que me gustaría plantear ahora es, Nosotros podemos llamar a esto una experiencia o una experiencia estética?, o es una mala pregunta, y debería reformularla en, Qué parte de la experiencia es estética?

Aquí se argumentará la parte o la experiencia completa (de los productos) que debería ser considerada estética- agradable a los sentidos.

El resto de la experiencia va de acuerdo con facultades de la mente humana ejemplo: cognición y emociones. Éstos tres niveles de experiencia de la estética , entendiendo un nivel emocional tiene sus propios niveles, aunque muy relacionados entre sí.

Aunque esto parece obvio de tal manera que nosotros entendemos un producto y una respuesta emocional, esto también aplica a nuestra respuesta estética a productos. Esto es algo que nosotros venimos haciendo recientemente.

Y este escrito es dedicado en parte a éstos patrones determinados de nuestras respuestas estéticas.

Se discute los principios de la estética y su razón de ser .

Vamos a mirar más de cerca el concepto de la estética:

Estética: La estética viene de la palabra griega *aisthesis*, refiriendonos a la percepción sensorial y al conocimiento de las sensaciones. En el siglo XVIII el filósofo Baumgarten tomo el término y cambio su significado entorno a los sentidos o sensaciones de deleite (Goldman 2001). Ya que las obras de arte son producidas por esta razón (para satisfacer nuestros sentidos), el concepto ha sido aplicado para todos los aspectos de la experiencia del arte; como la estética dices, actitudes estéticas, comprensión de la estética , emoción estético, y valor estético. Todo esto es considerado parte de la experiencia estética aunque para nosotros pueda ser una experiencia natural, o personas estéticamente. La frase es más usada a menudo en relación a las artes, especialmente artes visuales.

La observación de la experiencia de la estética se mantiene para cubrir todos los procesos envueltas en nuestra interacción con el trabajo de las artes, perfectamente ilustrado en el modelo reciente de Leder, Belke, Oeberst y Agustin (2004).

En este modelo de experiencia estética , un observador de artistas de obra de arte, con análisis perceptivo de su trabajo, compara esto com previos encuentros, clasifica el trabajo en una categoría significativa, y después interpreta y evalúa el trabajo, resultando en un juicio estético y una emoción estética.

Solo en las 2 primeras etapas, sería considerado estética, en el sentido de la palabra de Baumgarten.

En esta etapa se inicia con la percepción o grado perceptual que detecyta la estructura y evalua la novedad y familiaridad que determina el efecto generado.

En estas etapas nosotros hablamos de las sensaciones de deleite (o placer); mientras que en fases posteriores de procesos cognitivos y emocionales entran en la experiencia.

Existen todas las razones para considerar estas etapas que parte de la experiencia y del trabajo del arte, pero tampoco hay una buena razón a éstos niveles estéticos.

Permaneciendo cerca la definición de Baumgarte. Propondría una restricción para éste término estética, al placer alcanzado desde la percepción sensorial, es opuesto a lo antiestético. Una experiencia de cualquier tipo (de una obra de arte, o un evento), por lo tanto comprende una parte de la estética- esto es percibido parte de la estética- através de nuestros sentidos sea siempre agradable o no- pero la experiencia en su conjunto no es estética.

“la belleza existe en las adaptaciones del espectador” (Symons, 1995).

*(Design Aesthetics: Principles of Pleasure in Design, Paul Hekkert, Department of Industrial Design, Delft University of Technology)*

## La semántica

La semántica del producto fue desarrollado y presentado por Krippendorff y Butter (1984: Riley en 2001) y se define como el estudio de las cualidades simbólicas de las formas hechas por el hombre, en el contexto cognitivo y social de su utilización.

Según esta definición, los productos semánticos se refiere a la relación entre el usuario y el producto por otro lado, y la importancia de que los objetos asumen en un contexto operacional y social en el otro lado. Intencionalmente o no, todos fabricados productos hacen una declaración a través de figura, forma, color, textura, etc, éstos se comunican con los usuarios y nunca pueden ser contextualmente neutros.

Es ampliamente reconocido que la visualización es importante cuando se trata de evaluar la viabilidad del producto en términos de apariencia, funcionalidad, viabilidad de producción, la semántica del producto, la ergonomía y los factores sociales (Johanson, 2000). Independientemente de cómo los diseñadores utilizan el color, figura, forma y textura en el diseño del producto, los mensajes se están enviando a través de productos por un lado mediante las estructuras del lenguaje que va de acuerdo con los significados llamados semántica.

Esto implica que los diseñadores y ergónomos no solo deberían pensar qué mensaje(s) desean transmitir y el tipo de respuesta(s)

puede esperar que reciba el usuario siendo el receptor sino también los símbolos y atributos que forman este lenguaje.

### ● **Diseño del producto: Semántica y Respuesta emocional:**

Un producto nos dice algo sobre sí mismo y sobre el humano que lo posee.

El producto expresa valores que el individuo después interpreta y valora en lo referente a un contexto social, por lo cual lo aceptará o rechazará teniendo gusto o aversión por el producto. El producto en su contenido y expresión semántico puede consolidar o debilitar el papel del producto de esta manera crea en cada persona emociones positivas o negativas, valores y asociaciones.

Existen 4 funciones semánticas en los productos: describir (manera de usar un producto), expresar (valores y cualidades del producto), identificar (su origen, naturaleza, colocación de las piezas, conexión con el sistema, familia), señalar (impulsos que genera el producto al usuario para que reaccione de determinada manera "ten cuidado" porque el producto es de vidrio).

Las funciones semánticas deben hacer el producto comprensible y las piezas del producto deben comunicar un mensaje para que el usuario perciba como se usa el producto. Ya que el objeto se debe entender por sí mismo,



tiene señales semánticas que indican como se maneja un producto, ejemplo: las estrías en una tapa rosca indica que se puede abrir girándola con los dedos.

Para algunos grupos de usuario no deben ser claras estas señales como en botellas y gabinetes de medicina para evitar su acceso, como ejemplo el grupo infantil.

También es importante que el producto no necesite de un instructivo para ser usado que sea amigable e intuitivo para el usuario. Para que un producto sea intuitivo tiene que tener sus características importantes más visibles.

Para comprender al objeto y entender los mensajes táctiles y auditivos es necesario de la ergonomía, arte, semiótica, comunicación, lógica, psicología y filosofía, para originar un producto adecuado, que se adapte emocional y cómodamente al usuario.

Las emociones son activadas por nuestros pensamientos, creencias, valores y actitudes sobre situaciones o acontecimientos. La respuesta emocional hacia un objeto es automática. La gente aprende con sus experiencia y cultura desde la niñez (Piaget, 1990). La respuesta emocional o reacción al significado accionado por un producto varía según la clase social, nivel de educación, religión, etc.

### **Uso del producto: felicidad y placer**

Placer: Es la emoción conforme. Que acompaña la expectativa,

adquisición o posesión de algo bueno o deseable.

Felicidad: Un estado de bienestar y alegría.

Alegría: Experiencia agradable.

Las 4 categorías del placer que da un producto:

- 1.- Físico- Placer: Relacionado con el tacto al sostener un producto.
- 2.- Placer social: Relacionado con las relaciones y las comunicaciones sociales que el producto transmite.
- 3.- Psico- placer: ganado cuando un producto ayuda al usuario a establecer una tarea.
- 4.- Idea- placer: Relacionado con los valores que un producto y su uso representan.

Para llegar a una emoción positiva en el producto se puede usar el estudio de emociones opuestas: descontento en el uso. Al usar un mal producto carece de utilidad, estética y crea sensaciones de molestia/irritación, ansiedad/inseguridad, desprecio/exasperación. Esta técnica la usan los diseñadores para descubrir nuevas utilidades en el campo de lo emocional y así crear productos que cubran las expectativas de los usuarios.

Ejemplos de diseño emocional como Alessi: "el consumidor compra una identidad del mismo" y su frase con la que trabajan es "forma después de la emoción". Alessi crea en el objeto una herramienta cómica y juguetona. Swatch: "el reloj refleja la personalidad del portador", "un reloj es tu imagen".

Los objetos dan mensajes relacionados con estilos o estados de vida. Los productos emocionales acompañados de alta tecnología generan una combinación equilibrada: mensaje fuerte, distinto y genuino que hable sobre la personalidad de la gente que de una sensación de protección y felicidad.

### Sistemas emocionales de respuesta

Es asignar un valor emocional a diversos estímulos y que es lo que afecta a estos estímulos en el diseño de productos:

**1.- Sentidos:** El sueño sociedad nos muestra que tenemos que confiar en nuestros sentidos de nuevo. Shedroff (1994) dice que está empleando Diseño Sensorial en todas las técnicas que utilizamos para comunicar a otros a través de nuestros sentidos; diseño e ingeniería de sonido, musicales y vocales, en el rendimiento también son útiles en las circunstancias adecuadas, a veces siendo el solo medio de comunicación adecuado para comunicar un mensaje concreto.

Táctiles, olfativas, y los sentidos cines-tésicos rara vez se tienen empleados (a menudo debido a los cambios tecnológicos o por las restricciones del mercado, pero son igual de válidos y pueden agregar detalles de enriquecer a una experiencia.

Estos incluyen el uso adecuado de los medios de comunicación, el estilo y la técnica, aplicable a la tecnología de la situación, así como a una comprensión de los sentidos humanos (Shedroff 1994).

Los sentidos cenestésicos son un conjunto de sensaciones internas del organismo que proporcionan conciencia del estado y funcionamiento del propio cuerpo.



FIG.94 Sentidos : sistema emocional de respuesta

**2.- Diversión:** Contenerla en los objetos para expresar un gran humor ayudando a humanizar el producto. Diversión es agradable, amistosa que se entienda.

El jugar con algo "es jugar más bien que trabajar", porque no hay resistencia, necesidades o limitaciones verdaderas, el juego no es serio. Se da un ejemplo de la colección Koziol los cuales son productos que hacen la tarea de limpieza agradable. También divertido se define como risa.





FIG.95 Objetos de la colección Koziol: Diversión

**3.- Familiaridad:** Son productos acertados e intuitivos. El usuario sabe como trabaja y lo que hace sin ningunas instrucciones.

Se diseña en formas inspiradas en la naturaleza lo cual construye un conocimiento anterior en el usuario, y puede ubicar dichas formas. También se puede diseñar utilizando el uso de metáforas reflejando o abstrayendo el cuerpo humano o cualquier parte de otro ser vivo. Por lo tanto aspectos expresivos de posturas, gestos faciales humanos se pueden usar con recursos semánticos.

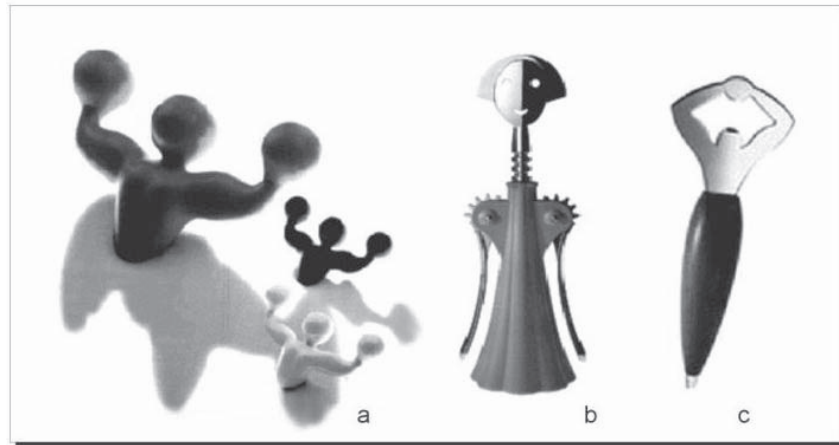


FIG.96 Objetos con referencias del cuerpo humano de Alessi: (a) Venturini, ropa-estante, (b)Mendini, sacacorchos; (c) Branzi, abrelatas de botella (Alessi 2000).

**4.- Ternura:** La composición de la anatomía de los niños induce un sentimiento de protección y sobrecogimiento en los humanos. Las variaciones en las proporciones y redondez en las formas contribuyen a la percepción visual de la edad del producto.

Ternura es el atributo resultante que parece evocar felicidad y el sentimiento de protección.

El poder de la sonrisa de un bebe nos ofrece felicidad incondicional e instantánea, así como fuerza para seguir adelante en la vida, es reforzado por Dissanayake (1988).

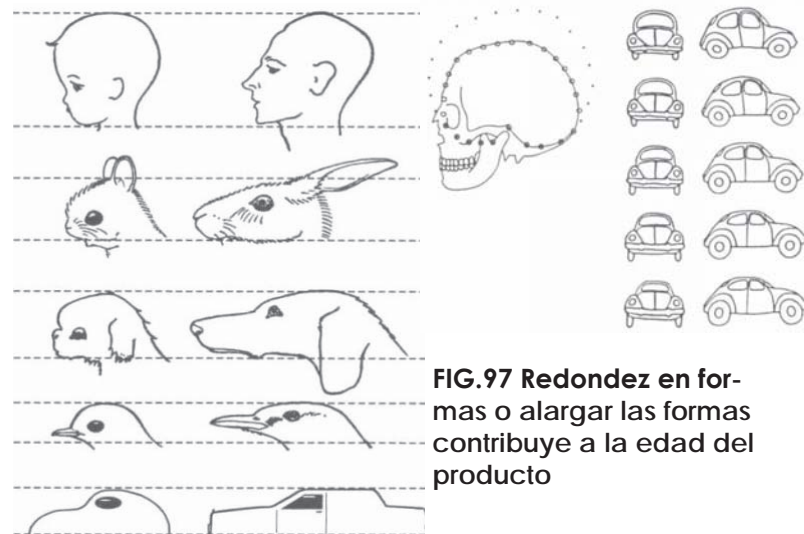


FIG.97 Redondez en formas o alargar las formas contribuye a la edad del producto

## 5.- Metonimia: sentido y función

Una distinción que hace una diferencia, una exclusividad, una espiritualidad que hacen que un producto sea más emocionalmente deseable. Espiritualidad en el consumo donde los artículos consumidos están relacionados con los individuos admirados por los usuarios. Ejemplo: Michael Jordan para los productos de Nike.

Las estrategias de comercialización y las campañas de los anuncios refuerzan estos factores.

Al cambiar de definición de productos como en la televisión: La historia y la imagen del producto se separa a menudo o se relaciona indirectamente, aun cuando se presenta en dicho anuncio. Ejemplo: Desodorante, su contexto de éxito es lo romántico; o comida para gatos, si es costosa, su contexto es tratar a alguien especialmente.

Esto anima a los consumidores y hace que tenga sentido el producto para que el consumidor crea en el objeto y lo compre.

(Jensen 1999) El diseñador y el ingeniero pueden ser integrados a la historia de un producto ya que estas historias transmiten emociones humanas, y se pueden emplear en sus métodos de diseño.



FIG.98 Ejemplo de la espiritualidad que usa Nike

**6.- Color:** Los colores tienen la capacidad de impactar en el bienestar emocional de los seres humanos, ya sea mediante la estimulación o tranquilizantes, excitantes o deprimentes, o para provocar y antagonizar (Pavey 1980: 132, Fontana 1993: 66). Según Allegos y Allegos (1999), es el contraste entre los colores que les permite generar respuestas emocionales.

Las combinaciones específicas de colores se dice que producen los mejores resultados en términos de captación y el significado.

Colores complementarios como el azul y el naranja, amarillo y violeta, rojo y verde, todos actúan como intensificadores otras (Fabri 1967: 27). combinaciones de color también pueden crear distintas asociaciones simbólicas, sin relación con estos colores. Allegos y Allegos (1999) dan ejemplos de rojo y blanco, los colores de Sydney Swans, que significa inmortalidad, rojo y dorado, en representación de la nobleza, y el rojo y el amarillo que indica un deseo de experiencia y de expansión.

Colores que eran simplemente vistos como un símbolo en el pasado se ve ahora como simbólico y psicológico (Allegos 1999). El color es a menudo relacionado con la "diversión" en aspectos de diseño del producto.



FIG.99 Aplicación de color en el producto

(OYA DEMIRBILEK and BAHAR SENER, *Product design, semantics and emotional response*, pp. 1346-1358)

### ●Significado de los colores

El porcentaje que se encuentra en cada color indica que es lo que piensa o recuerda una población de 400 personas al mencionarle dicho color.

#### EL COLOR PLATA

El brillo moderno

Lo moderno: plata 18% - negro 15% - blanco 14% - azul 12% - naranja 11%

Lo técnico / lo funcional: azul 22% - plata 19% - gris 18% - blanco 16% - negro 12%

El concepto de "lo moderno" es uno de los dos conceptos en los que la mayoría de los encuestados piensa en primer lugar en el color de la plata. Pero los encuestados no piensan en el metal precioso, sino en el acero, el aluminio, el cromo, el níquel, el titanio, el vanadio, es decir, en los materiales del diseño moderno.

Azul-plata-gris es el acorde de lo técnico y de lo funcional. Y el plata es uno de los colores que se relaciona a lo artificial, de lo creado por la tecnología. Muchas cosas que brillan como la plata no son plata. En este contexto, el color de la plata no es expresión de un valor, sino de una función. Más personal y elegante que el dorado.

La elegancia: negro 30% - plata 20% - oro 16% - blanco 13%

Lo singular: violeta 22% - plata 15% - amarillo 12% - naranja 10% - negro 10%

Lo extravagante: violeta 26% - plata 18% - oro 16%

#### EL COLOR AZUL

El color de las cualidades intelectuales y masculinas

La inteligencia: azul 25% - blanco 25% - plata 15%

La ciencia: azul 22% - blanco 20% - gris 15% - plata 14%

La concentración: azul 23% - blanco 18% - negro 15% - gris 12%

La independencia: azul 28% - verde 15% - negro 11% - oro 9% - amarillo 8%

La deportividad: azul 32% - blanco 20% - verde 12% - plata 10%

Lo masculino: azul 36% - negro 28% - marrón 15% - gris 7% - rojo 5%

El azul es el color principal de las cualidades intelectuales. Su acorde típico es azul blanco. Éstos son los colores principales de la inteligencia, la ciencia y la concentración. La deportividad no es una cualidad intelectual, pero goza de una consideración social tan alta, que en ella domina igualmente el acorde azul-blanco.

#### EL COLOR BLANCO

Lo que ha de ser higiénico, ha de ser blanco. Sobre lo blanco, se puede ver cualquier mancha, lo cual permite controlar fácilmente su limpieza. A pesar de todos los colores de moda, la mayoría de la gente lleva ropa interior blanca. El blanco es vacío, ligero y esta siempre arriba

Lo ligero: blanco 37% - amarillo 21% - rosa 12% - plata 8% - azul 8%

Donde está presente el blanco no hay nada. En muchos idiomas, "blanco" equivale a "vacío". En francés una "voz blanca" es una voz insonora y "una noche blanca" una noche de insomnio, como en español una noche pasada en blanco. En español y en italiano, "cheque en blanco" es un cheque ya firmado pero sin ninguna cantidad especificada en él.

*(Eva Heller, La psicología de los colores , Barcelona 2004, Gustavo Gili )*

### ● **Experiencia en el producto**

Se pueden presentar casos en donde el afecto base se ve afectado (emociones básicas) sin que estén relacionadas con ningún estímulo en particular. Como el humor que se puede deber a una combinación de factores desde el clima hasta el descanso de una persona. En otros casos, estos cambios se pueden deber a una sola e identificable causa.

### **NIVELES DE EXPERIENCIA**

#### **Experiencia estética**

En el nivel estético, consideramos la capacidad de un producto para encantar una o más de nuestras modalidades sensoriales. Un producto puede ser hermoso a la vista, hacer un sonido agradable, sentirse bien al tacto u oler bien.

#### **Experiencia del significado**

En el nivel del significado, la cognición entra en el juego. A través de los procesos cognoscitivos, como la interpretación, la memoria, y las asociaciones, podemos reconocer las metáforas, asignar personalidad u otras características expresivas, y determinar el significado personal o simbólico de los productos.

#### **Experiencia emocional**

En el nivel emocional, nos referimos a los fenómenos afectivos considerados típicamente en la psicología de la emoción y en el lenguaje diario sobre las emociones, amor y repugnancia, miedo y deseo, orgullo y desesperación, por nombrar algunos un poco.

### **Diferencias individuales y culturales**

Claramente, la gente puede responder diferentemente a cada producto. La experiencia no es una propiedad del producto pero, el resultado de la interacción humano-producto, y por lo tanto dependientes de las características temporales y de la disposición del usuario en la interacción. La gente puede diferenciarse una de otra por sus preocupaciones, motivos, capacidades, preferencias, metas, y etc., y así con respecto a sus respuestas afectivas por un acontecimiento dado.

Algunos estudios demuestran una correlación entre la cultura y la experiencia, sin embargo, la relación exacta sigue siendo poco concluyente.

El marco de la experiencia del producto que fue propuesta en este artículo indica que es posible distinguir patrones, en los tipos de experiencias afectivas del producto y los procesos que son la base de estas experiencias.

La experiencia esta formada por las características del usuario (e.g., personalidad, habilidades, fondo, valores culturales, y motivos) y las del producto (e.g., forma, textura, color, y comportamiento). Todas las acciones y procesos que están implicados, por ejemplo acciones físicas y procesos perceptivos y cognoscitivos (e.g., el percibir, explorando, con, el recordar, comparando, y el entender), contribuirán a la experiencia. Además, la experiencia está influenciada siempre por el contexto (ejemplo: comprobación, social, económico) en el cual la interacción ocurre.

## Experiencia multisensorial en el producto

Las personas exploran sensaciones incluso en actividades cotidianas. Se da un ejemplo de un hombre conduciendo un carro el cual siente vibraciones, la velocidad y su posición con respecto a las cosas que lo rodean como la calle o los árboles.

Cuanto mayor es el número de las modalidades sensoriales que se estimulan a cualquier momento, cuanto más ricas nuestras experiencias son. Por consiguiente, el aumento del número de las modalidades de la entrada sensorial presentadas en un ambiente virtual puede ayudar a aumentar el sentido de la gente de la presencia y también a aumentar su memoria para los objetos puestos dentro del ambiente virtual. Se habla de pruebas multisensoriales que se realizan a usuarios con productos y la importancia que le dan las personas a sus sentidos en diferentes situaciones, y sobre el diseño del producto multisensorial.

Se habla sobre la interacción entre olor-color y olor-textura, en los alimentos es importante el olor y el color en las bebidas ya que en experimentos el color obscuro indicaba una bebida fuerte y el color claro una bebida mas suave, al igual que en las texturas de las telas algo más rugoso es áspero y algo más liso es confortable. El conocimiento de los diversos sentidos es importante para los diseñadores que desean comunicar un mensaje coherente a los clientes potenciales para sus productos.

En detalle, los diseñadores deben considerar qué mensajes comunica un producto existente actualmente con cada uno de los sentidos (Lindstrom, 2005).

El contenido de seguro de estos mensajes puede estar en conflicto, y el diseñador puede desear así comprobar para saber si hay la posibilidad de cambiar ciertas características de producto en orden para mejorar la coherencia de la experiencia multisensorial total del producto del consumidor. La congruencia de mensajes sensoriales en diseño de producto es también deseable de una perspectiva ergonómica, donde la coherencia ayuda a clarificar el entorno del producto y lo que puede hacer. Además, la unidad percibida en estímulos visuales se ha demostrado al correlativo con grados de la súplica estética y de tener gusto (Bell, Holbrook, y Solomon, 1991; Veryzer y Hutchinson, 1998). Por lo tanto, la coherencia multisensorial es probable ser relacionada positivamente con la preferencia de consumidor. Un ejemplo de un producto multisensorial es una caja de galletas de alessi donde conjuga muchas sensaciones como táctiles ya que no tiene bordes su empaque porque es de plástico, e impregnan con un olor característico la caja lo cual trae recuerdos al consumidor de la familia.

El crecimiento rápido de la investigación estos últimos años sobre el asunto de la opinión multisensorial ha producido muchas penetraciones fascinadoras en cómo nuestro cerebro integra la información recibida con los diversos sentidos.

### **Conclusiones del apartado de estética para el proyecto:**

Esta investigación sirvió para aplicar teorías estéticas al producto, una de las herramientas utilizadas es la semántica, la cual ayudó a enfocar las características finales del producto.

Un significado importante es que el paciente se sienta identificado con el socket ajustable por este motivo se le dio la forma del perfil anatómico de la pierna de un ser humano.

Las características en la aplicación del color son relevantes, ya que éste reforzara el sentido que se le quiere dar al producto para que de esta manera el consumidor lo perciba de alta tecnología y que al portarlo su sentido sea de pertenencia de importancia que se sienta orgulloso de traer un objeto que artificial (que lo hace parecer parte "máquina" y humano, y le de un sentir de fuerza, que considero importante sobre todo en este nicho de mercado).

La textura y la variación entre materiales como lo es lo traslucido y lo brillante del azul y lo plateado, resalten a la vista sus componentes, lo cual genere la atención del consumidor de manera inmediata.

La textura siendo lisa al tacto, que genere una percepción de comodidad y amabilidad hacia el usuario.

Se analizó como el usuario puede entender el armado del producto, diseñando de esta manera piezas como rompecabezas donde embone una pieza con otra, ya que el socket ajustable tiene elementos complejos.



**FIG.100** Socket ajustable



# C ONCLUSIONES DEL PROYECTO

Este proyecto se realizó en conjunto con el Centro de Diseño Mecánico e Innovación Tecnológica de la Facultad de Ingeniería, el cual lleva 6 años de desarrollo y análisis en diversos componentes de una prótesis. Por la innovación que existe en este proyecto de socket ajustable para prótesis, fue patentado el sistema de ajuste por aire por parte de la Universidad Nacional Autónoma de México.

En este proyecto se aplicaron diversos conocimientos adquiridos durante la licenciatura de Diseño Industrial.

Se trabajó en equipos multidisciplinarios para integrar toda esta investigación resultante al diseño final, por tal motivo se acudió con especialistas del Instituto Nacional de Rehabilitación, los cuales proporcionaron información de técnicas para la realización de sockets y conocimientos teóricos sobre los mismos.

El aprendizaje fue muy extenso, ya que al trabajar con personas de otras profesiones, se va observando a lo largo del desarrollo de un proyecto la complejidad de construir un producto, y del impacto que puede tener sobre el paciente amputado si no es diseñado adecuadamente.

El socket ajustable mejora la calidad de vida al paciente porque se adapta a los cambios de volumen del muñón y dura varios años por la buena calidad de materiales y por todas sus piezas que son intercambiables, lo que genera poca inversión por parte del paciente.

- Es ligero, y se adapta positivamente a la experiencia del paciente como producto.
- Sus códigos visuales son claros y la ventaja con la competencia es la estandarización del mismo mediante procesos automatizados.
- Los materiales que se manejan son de última generación lo que garantiza que es totalmente seguro para el paciente. Todo el material del socket al interior es biocompatible y esto no crea infecciones o lesiones en el usuario.

Este proyecto está abierto a investigaciones o pruebas futuras para generar productos de alta tecnología, que mejoren las actividades cotidianas de pacientes amputados.

**Sueña como si fueras a vivir eternamente** 😊 !



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

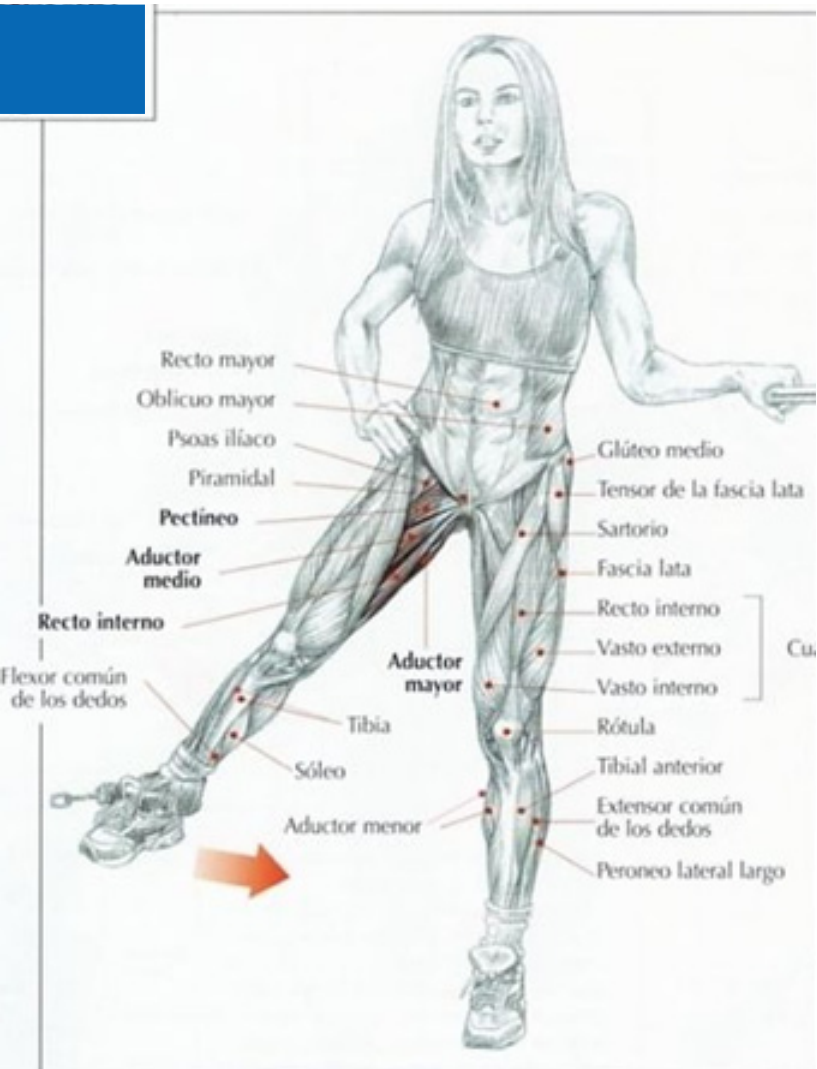
# GLOSARIO

\* las palabras del glosario se pueden encontrar en azul en el texto

## 1.- ADUCTORES:

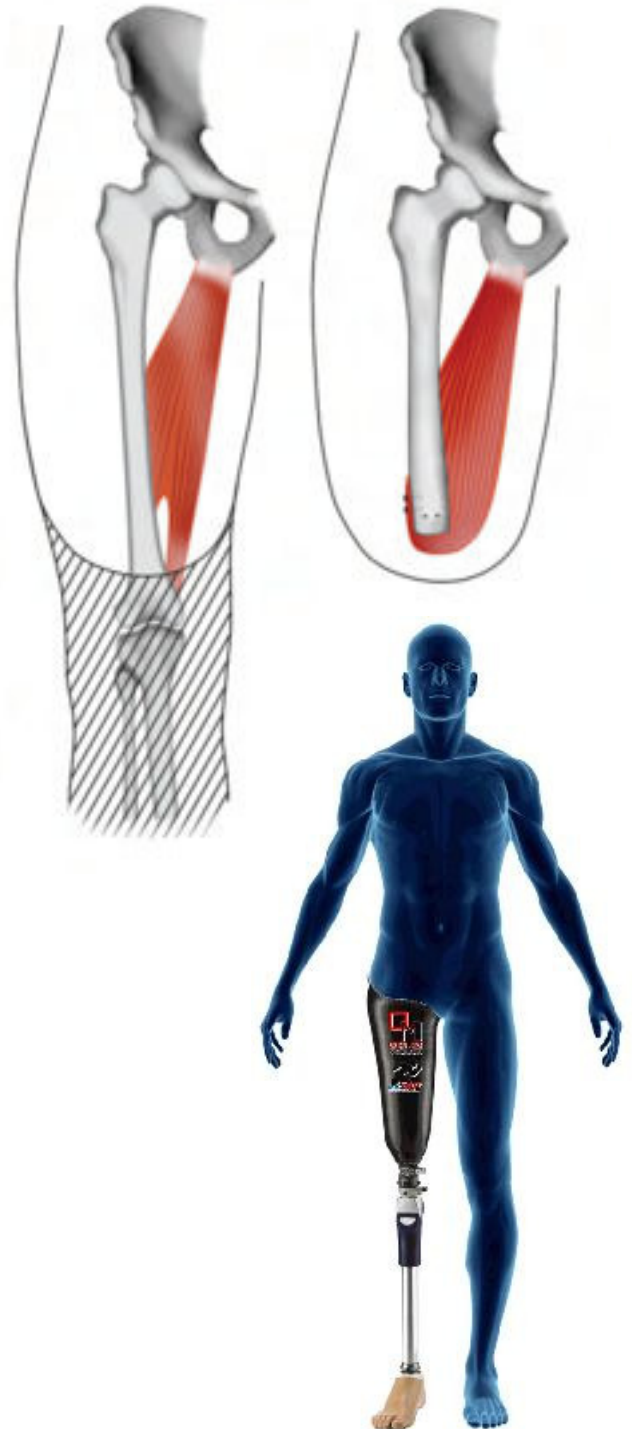
Puede hacer referencia a diferentes músculos cuya acción principal es la aproximación (aducción).

En la extremidad inferior:  
El Aductor mayor del muslo.  
El Aductor mediano del muslo.



## 2.- AMPUTACIÓN TRANSFEMORAL:

Es la amputación que se presenta a nivel del muslo, por encima de la rodilla.





Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

### 3.- BIOMECÁNICA DE UNA PRÓTESIS PARA MIEMBRO INFERIOR:

El miembro inferior forma una unidad anatomo-funcional, cuya misión fundamental es realizar el apoyo en la estática (bipedestación) y en la dinámica (marcha, carrera, etc.). Junto a esta misión fundamental de apoyo podemos citar funciones principales como:

- Amortiguación de los impactos y las fuerzas corporales.
- Estabilidad del miembro durante el apoyo.
- Conseguir la progresión del centro de gravedad (c.d.g.) corporal durante la marcha.
- Cuando se produce una amputación de miembro inferior se pierden:
  - La capacidad de apoyo, tanto bipedestación como durante la marcha.
  - La capacidad motora dinámica de impulso y de frenado.
  - La capacidad de amortiguación de impactos y de adaptación funcional de la longitud del miembro inferior (acortamiento y alargamiento) en las diversas fases del ciclo de marcha.
  - La información sensitiva procedente del segmento amputado.

Como en toda prótesis la adaptación cómoda del socket y la alineación, determinan las presiones de contacto que se establecen en la interfase muñón-prótesis. Para que la adaptación del socket sea cómoda las fuerzas que actúan en la interfase deben de ser tolerables, de manera que no se lesionen o erosionen los tejidos del muñón, particularmente la piel.

La alineación de la prótesis debe ser tal que las fuerzas y momentos que actúan sobre las articulaciones y/o los segmentos residuales del miembro inferior, se mantengan dentro de márgenes tolerables. Una buena alineación debe conseguir evitar que:

- Las presiones de contacto muñón-prótesis sean excesivas.
- La actividad muscular sea excesiva.
- Se produzcan cambios importantes en el patrón de marcha.



#### 4.- BIPEDESTACIÓN:

Posición en pie. Capacidad de locomoción de mantenerse de pie.

#### 5.- CLAUDICACIÓN:

En medicina es un síntoma de la semiología. Claudicación viene de claudicar, que también significa detener o suspender. La claudicación es la detención de la marcha por dolor muscular debido a que no llega la energía suficiente para que el miocito funcione en los músculos de los miembros inferiores. Cuando un paciente tiene claudicación siente dolor durante la marcha, al detenerse, el dolor desaparece y puede entonces reanudar la marcha.

#### 6.- COLAPSO:

**Decaimiento brusco y grave de la tensión arterial que causa una insuficiencia circulatoria.**

#### 7.- DEAMBULACIÓN:

Se refiere a la forma como el paciente camina. Lo normal es hacerlo en forma activa, con control de los movimientos, en los que se nota coordinación y armonía. La persona se desplaza de acuerdo a su voluntad, siguiendo las trayectorias que decida. Es normal que presente algún grado de braceo, que no se desvíe en forma involuntaria del trayecto que desea seguir, que el punto de gravedad

del cuerpo esté centrado sobre su base de sustentación o ligeramente adelante, que los pasos sean de un tamaño parecido, etc. Esta forma de deambular se altera en distintas enfermedades.

#### 8.- DISTAL:

Se refiere a sitios que se localizan lejos del centro o la línea media del cuerpo, como la mano que es distal al hombro o el pulgar que es distal a la muñeca. EN AMPUTACIÓN TRANSFEMORAL SE REFIERE AL BORDE EL MUÑÓN.

#### 9.- DERMATOSIS:

Es una reacción dérmica de origen alérgico persistente, que se manifiesta como una inflamación crónica de la piel

#### 10.- EDEMA:

El edema (o hidropesía) es la acumulación de líquido en el espacio tisular intercelular o intersticial, además de en las cavidades del organismo.

El edema se considera un signo clínico. Se revisa de forma interdiaria (día por medio) y, cuando es factible, se mide el contorno de la zona afectada con una cinta métrica (en milímetros).

## 11.- ESTABILIDAD DIMENSIONAL:

Propiedad que tienen ciertos materiales que al ser sometidos a cambios de temperatura y humedad no pierden su forma y mantiene sus dimensiones originales.

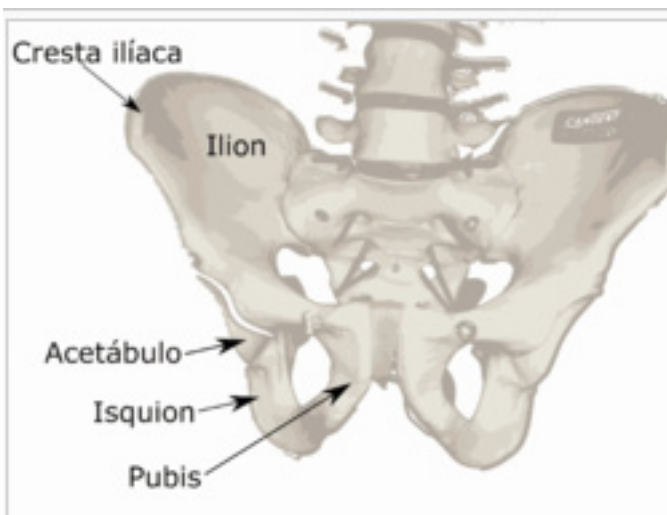
## 12.- GRANULOMAS:

Es un cuerpo extraño a material de sutura de una cirugía previa.

## 13.- ISQUIÓN:

El isquion (latín ischium) es cada uno de los huesos situados en la pelvis que forman parte de cada coxal, al fusionarse con el ilion y el pubis. Es divisible en dos porciones: el cuerpo y la rama del isquion.

La protuberancia o tuberosidad isquiática es el promontorio posteroinferior del isquion.



## 14.- MACERACIÓN:

Hinchazón o ablandamiento por contacto con líquidos.

## 15.- MUÑÓN:

Parte de un miembro cortado que permanece adherido al cuerpo:

## 16.- MUÑONES:

### CÓNICO:

Tiene un diámetro muy amplio en la parte proximal del muñón y va decreciendo ese diámetro hacia la parte distal del muñón.



### CILÍNDRICO:

Mantiene el diámetro continuo desde la parte proximal del muñón hacia la parte distal, se observa más homogéneo.



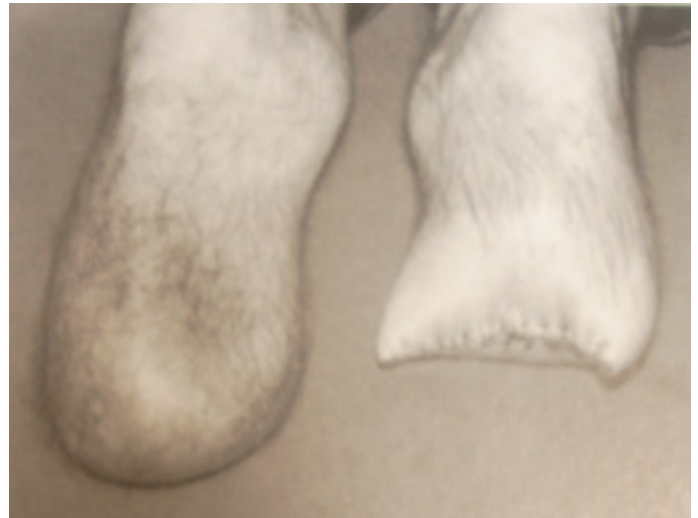
### **BULBOSO:**

En la parte proximal del muñón el diámetro es mayor y se mantiene a la parte distal del mismo. Es más común cuando hay desarticulaciones de rodilla.



### **DE ETIOLOGÍA CONGÉNITA:**

Su geometría puede ser muy variable.



### **17.- NEONATO:**

Un neonato o recién nacido es un bebé que tiene 27 días o menos desde su nacimiento, bien sea por parto o por cesárea.

### **18.- NEOPLASIA:**

Es el proceso de proliferación anormal (multiplicación abundantemente) de células en un tejido u órgano que desemboca en la formación de un neoplasma. Un neoplasma que forma una masa diferenciada se denomina tumor y puede ser benigno o maligno. Otros neoplasmas pueden no formar tumores, como la neoplasia cervical intraepitelial y la leucemia.



## 19.- PELLETS:

Es una denominación genérica, no española, utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido. El término es utilizado para referirse a diferentes materiales.

Pellet plástico: pequeñas concentraciones de resina.

## 19.- PLIEGUE INGUINAL:

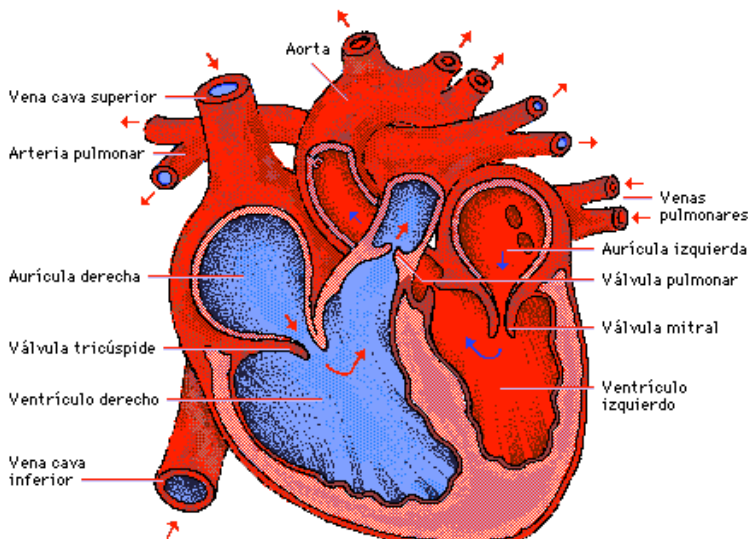
Pliegue que separa el abdomen del muslo.

## 20.- PERINEO:

Es la región anatómica correspondiente al piso de la pelvis

## 21.- RETORNO VENOSO:

Es la cantidad de sangre que fluye desde las venas a la aurícula derecha cada minuto.



## 23.- SEDESTACIÓN:

Posición sentada.



## 24.- TRIÁNGULO DE SCARPA:

torero" o triángulo femoral es un punto de referencia anatómico situado en el tercio superior de la cara anteromedial del muslo.

Límites y contenido [editar]Borde superior: Ligamento inguinal.  
Borde Medial: Músculo aductor largo o mediano  
Borde Lateral: Músculo sartorio  
Piso:  
Medial por el Músculo pectíneo  
Lateral por el Músculo psoas-íliaco  
Techo: Tapando el techo se encuentra la Fascia Lata, que presenta muchos agujeros, llamándose Fascia Cribiforme o Cribosa.  
Contenido: Vena, Arteria y Nervio femoral, también denominado crural.  
Tiene como contenido principal los vasos femorales y al nervio femoral, sus ramificaciones respectivas, además de los nódulos linfáticos inguinales.

# Referencias

- (Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006)
- (A. Bennet Wilson, A primer on limb prosthetics, Department of Orthopedic Surgery and Rehabilitation Medical School, University of Virginia)
- (Hanna Leslye García Guerra, Diseño de un socket autoajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2009)
- (ÁVILA, Chaurand Rosalío. et.al. Dimensiones antropométricas de población latinoamericana. Centro universitario de arte, arquitectura y diseño, UDG. 1ª ed) Guadalajara Jalisco, México, 2001)
- (OYA DEMIRBILEK and BAHAR SENNER, Product design, semantics and emotional response, pp. 1346-1358)
- (Eva Heller, La psicología de los colores, Barcelona 2004, Gustavo Gili) (ver subcapítulo 4.7)
- (<http://www.rppnet.com.ar/psicologiadeloscolores.htm>)
- (*Design Aesthetics: Principles of Pleasure in Design*, Paul Hekkert, Department of Industrial Design, Delft University of Technology)
- (Atlas of amputations and Limb Deficiencies, Surgical, Prosthetic and Rehabilitation Principles)
- [http://www.festo.com/cms/es-mx\\_mx/index.htm](http://www.festo.com/cms/es-mx_mx/index.htm)
- [http://www.ottobock.com.mx/cps/rde/xchg/ob\\_lam\\_es/hs.xsl/14699.html](http://www.ottobock.com.mx/cps/rde/xchg/ob_lam_es/hs.xsl/14699.html)
- <http://www.ossur.com/>
- Davis, Roy B., III, Ph.D., "Comparison of Inter-face Pressure Distributions, Soft Socket (ISNY/SFS) vs. Hard Socket," presented at an American Academy Orthotics and Prosthetics—New England Chapter Meeting, March, 1985.
- Nielsen, J., (1994). Ten Usability heuristics. Useit, [http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic\\_list.html](http://www.useit.com/papers/heuristic/heuristic_list.html)(23.05.2007)
- Desmet, P. M. A. (2002). Designing emotions. Delft: Delft University of Technology.  
Desmet, P. M. A. (2007). Product emotion. In H. N. J. Schifferstein and P. Hekkert (Eds.), Product experience. Elsevier Science Publishers, in press.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# Anexo A

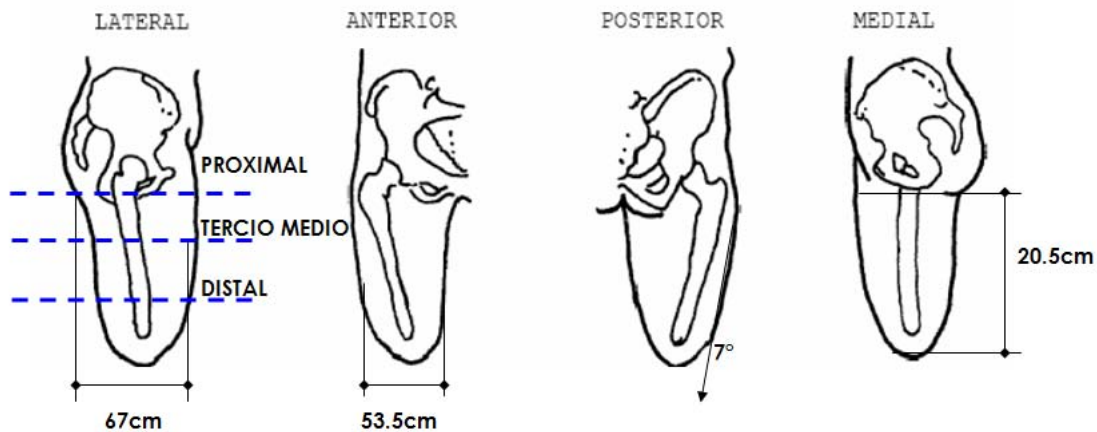
(A) Dimensiones (antropometría) de 2 pacientes amputados de 19 y 30 años y procedimiento para hacer las mediciones.

## • Dimensiones antropométricas

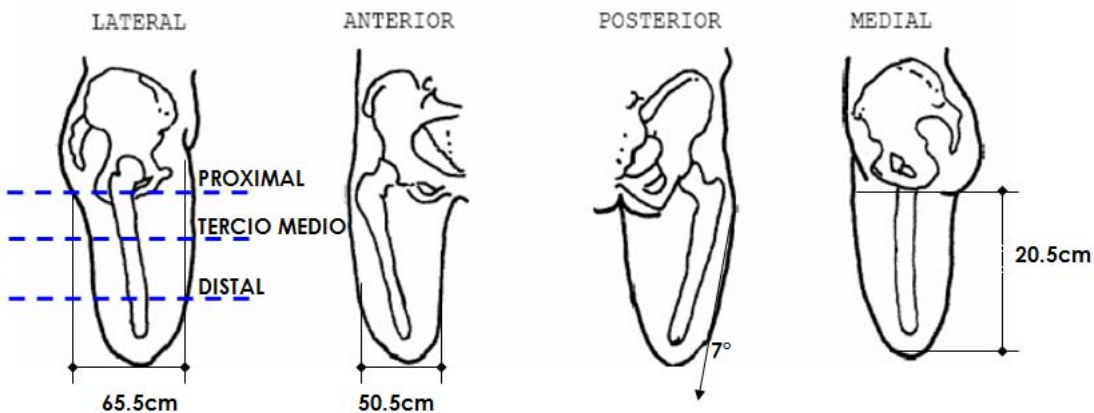
Primer paciente:

Hombre de 30 años, amputación transfemoral de pierna derecha

Medidas generales sentado:



Medidas generales de pie:



Segundo Paciente

Mujer 19 años, amputación transfemoral derecha:



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**

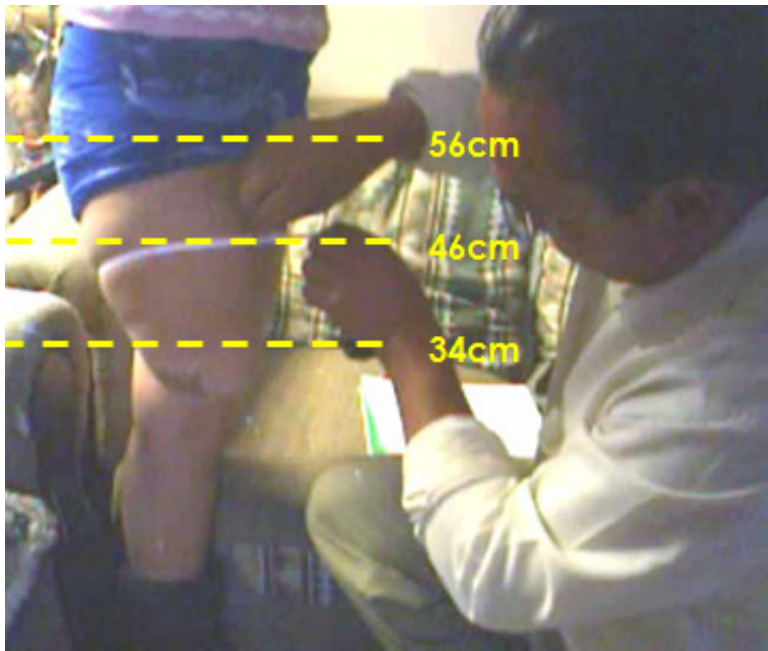


**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Aquí se puede observar como el protesista mide la circunferencia del muñón que determina el tamaño que tendrá el socket.



Es importante la altura de la pierna para determinar la altura de la prótesis total, y de la rodilla al piso, para que el protesista determine en que lugar va el mecanismo de la rodilla de la prótesis, para que de esta manera el conjunto de elementos de la prótesis funcione adecuadamente.



Si la paciente se siente insegura con su prótesis usa cinturón de neopreno.



Al iniciar las mediciones se toma al paciente un molde de yeso hueco, para que a este se vacie yeso y se obtenga un molde sólido, el cual se usará para realizar el socket de fibra de vidrio o algún termoplástico. Se puede observar como añade el paciente elementos a su prótesis para que no las lastime.



**Procedimiento que sigue el paciente para colocarse su prótesis:**



1.- Se coloca la malla en el muñón



2.- Se mete la malla en el hueco que hay para la succión dentro del socket



3.- Se jala la malla para que el muñón entre a presión en el socket



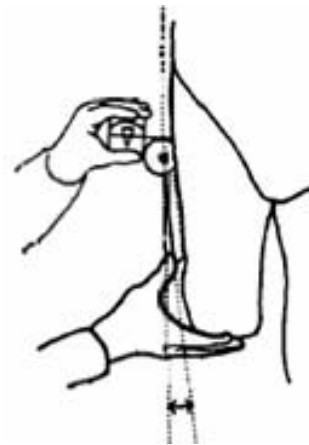
4.- Ya dentro el muñón a presión en el socket, se saca con la válvula el aire que queda, se genera una succión, para que el socket no se salga y este más seguro.

## Procedimiento para hacer las mediciones del paciente:

### *Mediciones del muñón*

#### **El ángulo de flexión del muñón**

El ángulo de flexión del muñón es el ángulo de inclinación del fémur en relación a la línea de plomada, estando en la máxima posición de extensión pero sin rotación pélvica. Para permitir al glúteo mayor y a los tendones de los músculos isquiotibiales funcionar correctamente, produciendo una buena extensión y un buen movimiento de la prótesis, hay que colocar el socket en una posición adecuada de flexión.



#### **Ángulo de aducción del muñón**

Es el de la inclinación del fémur con respecto a la línea vertical, con la pelvis alineada horizontalmente y el fémur en la posición de aducción tan horizontal como sea posible. Para permitir al glúteo medio funcionar eficazmente y prevenir los movimientos laterales del fémur, debe controlarse cuidadosamente la relación angular entre el apoyo isquiático y la pared lateral del socket, esto es el ángulo de aducción del socket.



#### **Dimensión A-P**

En el apoyo isquio-glúteo y la dimensión A-P (desde el punto de vista del análisis mecánico y la tolerancia del tejido a la presión)

las fuerzas de carga del peso están mejor distribuidas si se tiene un apoyo relativamente plano sobre la tuberosidad isquiática y la masa glútea. Para mantener la posición correcta del apoyo isquiático se debe de considerar la distancia entre las paredes anterior y posterior para el diseño del socket, esto es la dimensión A-P, que debe controlarse.

Se mide desde la parte anterior del tendón del aductor largo al punto más inferior de la tuberosidad isquiática.



#### **Perímetro del muñón**

Se mide horizontalmente, a nivel isquiático y a intervalos de 5 cm. por debajo de este mismo nivel. Para mantener el muñón en el socket, sin que se formen rollos de carne, con una buena adaptación, el perímetro del socket a nivel isquiático debe ser más pequeño que el perímetro del muñón. La cantidad que se debe reducir en la medida del socket, en relación con la medida del muñón, se basa en una tabla de reducción.



# Anexo B

## *(B) Prueba de uso en dos usuarios y descripción del procedimiento*

### **Prueba de uso:**

Se evaluará la carcasa del socket y la colocación en el muñón del paciente.  
Puntos generales a evaluar:

**1.- Objetivo:** Mejorar el uso del producto.

- Que el usuario identifique el armado de la carcasa (o estructura) del socket ajustable
- Que el usuario se pueda colocar el socket en el muñón

**2.- Delimitar alcances de la evaluación:**

- ¿Los usuarios identifican como se arma el socket fácilmente?, ¿Identifican cada elemento que lo compone para poder armarlo?

Prueba de uso No 2

- Al colocarse el socket ajustable ¿Es fácil de manipularlo?, ¿Identifican cual es la manera correcta de colocarse?, Observar si el producto va de acuerdo a la anatomía del usuario y si las dimensiones son las adecuadas.

**3.-Contexto:**

- Casa: contexto de uso diario
- Laboratorio: Hospital o taller de prótesis

**4.- Participantes:** hombres entre 19 y 30 años con amputación transfemoral (derecha o izquierda), la cantidad será de 2.

Edad, sexo, experiencia previa con prótesis.

**5.- Recolección de información: tareas a evaluar**

- Armado del socket
- Colocación del muñón

Se muestra armado el socket y se desarma; posteriormente la indicaciones de armado y colocación

**6.- Instrucciones:**

1. Desarma el socket como consideres correcto
2. Vuelve a colocar las piezas de donde las quitaste
3. Coloca el socket dentro de tu muñón

Si no tienes ninguna duda puedes iniciar

## Resultados de la prueba de uso a los dos pacientes:

### Conclusiones de la prueba de uso videograbada:

Usuario 1: Mujer 19 años (mexicana)

**Identificación de cada elemento que compone el socket (sin sistema de ajuste):**

- **Al usuario se le facilita el armado del socket en lo que es la carcasa, menciona que es fácil de armarlo, aunque en el video se observa que le cuesta armar la abrazadera del socket.**
- **En uso: El socket le queda grande al usuario, siente buen apoyo en el hueso isquion, en la ingle le lastima.**

### Conclusiones de la prueba de uso observada sin autorización de grabar:

Usuario 2: Hombre 30 años (mexicano)

**Identificación de cada elemento que compone el socket (sin sistema de ajuste):**

- **Al usuario se le nota confusión al momento de armar la carcasa y la abrazadera.**
- **En uso: El socket no le queda al paciente, ya que comenta que en los últimos años subió de peso.**



# Anexo C

**(C) Entrevista realizada a especialistas del INR (Ingeniero Biomédico y Lic. en Ortesis y Prótesis) y conclusiones de la misma.**

- 1.- Qué es un socket?
- 2.- Qué tipos de sockets se manejan para amputación transfemoral? Y qué características tiene cada uno?
- 3.- Qué referencias o puntos de apoyo tiene el socket de contención isquiática?
- 4.- Qué referencias o puntos de apoyo tiene el socket cuadrilateral?
- 5.- Cuáles son las diferencias y semejanzas entre el socket de contención isquiática y cuadrilateral? ( hacer demostración con socket)
- 6.- Qué tipo de socket es el más usado por los pacientes que aquí se atienden?
- 7.- A qué se debe que la mayoría de los pacientes utilicen este tipo de socket?
- 8.- Qué ventajas tiene éste socket en comparación con los otros?
- 9.- Qué factores influyen en la decisión para determinar el tipo de socket en el paciente?
- 10.- Qué tipos de muñones existen en pacientes con amputación transfemoral?
- 11.- Cuál es el tipo de muñón más frecuente en pacientes con amputación transfemoral?
- 12.- La forma del muñón presenta alteraciones como consecuencia de la rehabilitación física?  
Y porqué?
- 13.- Qué es un socket de prueba y un socket definitivo?
- 14.- Cuánto tiempo dura el paciente con socket de prueba?
- 15.- Bajo qué circunstancias el paciente se ve obligado a cambiar su socket definitivo?
- 16.-\* Aproximadamente cuántas veces al año el paciente cambia el socket definitivo?
- 17.- La rehabilitación física interviene en éste cambio de socket?

## **DATOS PROFESIONALES DE LOS ESPECIALISTAS:**

### **◆► Carlos Galván Duque Gastélum : Ingeniero Biomédico**

- Maestría en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en Robótica y Control Instituto Tecnológico de Estudios Superiores Monterrey, México, DF.
- Diploma de Especialidad en Ingeniería de Rehabilitación, Universidad Iberoamericana, México, DF.
- Licenciatura en Ingeniería Biomédica Universidad Iberoamericana, México, DF.

### **\*Instituto Nacional de Rehabilitación : Presente, Laboratorio de Ortesis y Prótesis México, DF.**

\*Ingeniero Biomédico , Innovamédica SA de CV México, DF.

\*Ingeniero de Diseño King's College London Londres, GB; Asistente de Investigación.

- Miembro de la Sociedad Mexicana de Ingeniería Biomédica (SOMIB) desde 2000.
- Miembro de el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE) desde 2003.

### **◆► Francisco González Armendáriz : Licenciatura en Órtesis y Prótesis**

Ced. Prof. 5983678, I.N.R., México D.F.

● Laboratorio de Ortesis y Prótesis I.M.S.S: Elaboración de todo tipo de órtesis y prótesis de miembro inferior y miembro superior.

● Laboratorio de Ortesis y Prótesis I.N.R. México D.F: Manufactura de todo tipo de sistemas ortopédicos como son: prótesis transtibiales y transfemorales así como aparatos metálicos y gran variedad de ortesis termoplásticas y en fibra de carbono.

● **Actualidad: Director General de ORPROTEC laboratorio de Órtesis y Prótesis de alta tecnología, México D.F.**

### **Conclusiones de la entrevista:**

**El objetivo de realizar esta entrevista fue enterder cada tipo de socket que existe actualmente, y las características particulares de cada uno. Es importante mencionar que se proporcionaron datos en base a los pacientes que atienden, estos datos determinaron el tipo de contención del socket ajustable del proyecto; ya que no existen datos precisos en México sobre medidas de amputados, variaciones volúmetricas de muñón o qué tipo de socket es el más usado. Por este motivo el proyecto se basó en datos obtenidos mediante esta entrevista.**

# Anexo D

***(D) Características de materiales seleccionados y su resistencia. Procesos de producción.***

En esta sección se describen las características principalmente de los materiales empleados en el socket ajustable: polímeros con refuerzo de fibras, Polietileno de Alta Densidad (HDPE), Polipropileno, y silicón de grado médico. Los procesos propuestos son termoformado e inyección de plástico.

***En la Facultad de Ingeniería en el área de Mecatrónica se realizaron pruebas de resistencia en diversos materiales: compuestos, polímeros, metales y madera.***

***(consultar ANEXO 3: Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006).***

## **POLÍMEROS CON REFUERZOS DE FIBRAS**

Usualmente, los materiales compuestos se construyen introduciendo fibras y partículas de un material en una matriz de otro. Actualmente ésta puede ser de metal, polímeros e incluso de cerámicas. Pero cualquiera que sea la forma de la matriz, ésta se comporta como un pegamento que mantiene unido al compuesto, por ejemplo fibras de carbón y partículas cerámicas, le añaden resistencia y rigidez.

Uno de los materiales compuestos más común es el plástico reforzado con fibra de vidrio (Glass-fibre Reinforced Plastic, GRP). El GRP está constituido por miles de fibras de vidrio microscópicas dentro de una matriz de resinas de polímero. El vidrio es quebradizo y los polímeros son flexibles; sin embargo, el GRP es resistente y rígido, haciéndolo ideal para los cascos de los yates de regatas.

Las fibras por su parte proveen resistencia y rigidez; además, ayudan a endurecer el compuesto. Por ejemplo, si se golpea un GRP con un martillo las fibras ayudan a absorber el impacto extendiéndose o rompiéndose y si la matriz es quebradiza las fibras pueden evitar que las trizaduras se expandan. Esta capacidad para absorber grandes cantidades de energía es especialmente útil en las carrocerías de los autos de carrera de Fórmula 1, para proteger a los conductores en los choques.

Los materiales con matrices de polímeros son, probablemente, los compuestos más comunes. Hechos a partir de una matriz de nylon o poliéster, epoxy o resinas fenólicas, éstos se pueden reforzar con fibras hechas de vidrio, carbón, boro o polímeros, como el aramid.

Los primeros compuestos de polímeros reforzados con fibras fueron desarrollados en la década de 1940, aunque raramente fueron utilizados fuera del ámbito militar hasta después de la Segunda Guerra Mundial. En la década de 1950, los fabricantes de compuestos sacaron ventaja de los bajos costos de estos nuevos materiales para construir, por ejemplo, cascos de botes, cañas de pescar y raquetas de tenis. En las últimas décadas, sus usos se han multiplicado en la medida que los ingenieros han desarrollado materiales con nuevas fibras y matrices de polímeros, así como nuevas técnicas para procesarlos.

Cuando se comparan con los metales, los materiales compuestos de polímeros reforzados con fibras ofrecen una reducción significativa del peso para una rigidez y dureza dadas. Debido a estas razones, dichos materiales se emplean comúnmente en la construcción de aviones, botes y autos de alto rendimiento. (<http://www.creces.cl/new/index.asp?tc=1&nc=5&tit=&art=1067&pr=>)

**Fibra de vidrio:** Esta es la fibra más empleada en los PRF, especialmente en aplicaciones industriales, debido a su gran disponibilidad, sus buenas características mecánicas y a su bajo coste.

Las principales características de la fibra de vidrio son:

- Alta adherencia fibra-matriz
- Resistencia mecánica, con una resist. Específica (tracción/densidad) superior a la del acero.
- Características eléctricas: aislante eléctrico, buena permeabilidad. dieléctrica, permeable a las ondas electromagnéticas.
- Incombustibilidad. No propaga la llama ni origina humos o toxicidad.
- Estabilidad dimensional (bajo coef. de dilatación)
- Compatibilidad con las materias orgánicas.
- Imputrescibilidad, insensible a roedores e insectos
- Débil conductividad térmica (ahorro de calefacción).
- Excesiva flexibilidad.
- Bajo coste.



**Fibra de carbono:** Para muchas aplicaciones en las que la fibra de vidrio presenta una rigidez insuficiente, es necesario sustituirla por fibras de carbono, siempre que la gran diferencia de precio esté justificada.

Básicamente podemos encontrar tres tipos de fibras de carbono en el mercado:

- Fibra de carbono de alto módulo de elasticidad (HM)
- Fibra de carbono de alta resistencia (HR)
- Fibra de carbono III: es la más barata. Propiedades intermedias entre HM y HR.
- No presenta plasticidad, el límite de rotura coincide con el límite elástico.
- Baja densidad.
- Elevada resistencia a las altas temperaturas (a temperaturas del orden de los 1500–2000 °C presenta un incremento de sus prestaciones).
- Coef. de dilatación térmica lineal prácticamente nulo.
- Elevada resistencia a las bases.
- Buena conductividad eléctrica y térmica.
- Alto coste.
- Baja resistencia al impacto de baja energía.
- Produce diferencias de potencial al contacto con los metales, lo que puede favorecer corrosiones.

Proceso de fabricación: las fibras de carbono se fabrican mediante pirólisis controlada y ciclización de precursores de cierta fibra orgánica, el más común de los cuales es el precursor poliacrilonitrilo (PAN), y el alquitrán. El primero es una fibra sintética, con una conversión en fibra entre el 50 y el 55 %, y el segundo se obtiene de la destilación destructiva del carbón, siendo este relativamente más barato.



## Polietileno de Alta Densidad (HDPE)

El polietileno de alta densidad es un polímero de la familia de los polímeros olefínicos (como el polipropileno), o de los polietilenos. Es un polímero termoplástico conformado por unidades repetitivas de etileno. Se designa como HDPE (por sus siglas en inglés, High Density Polyethylene) o PEAD (polietileno de alta densidad). Este material se encuentran en envases plasticos desechables.

El polietileno de alta densidad es un polímero que se caracteriza por:

Excelente resistencia térmica y química.

Muy buena resistencia al impacto.

Es sólido, incoloro, translúcido, casi opaco.

Muy buena procesabilidad, es decir, se puede procesar por los métodos de conformado empleados para los termoplásticos, como inyección y extrusión.

Es flexible, aún a bajas temperaturas.

Es tenaz.

Es más rígido que el polietileno de baja densidad.

Presenta dificultades para imprimir, pintar o pegar sobre él.

Es muy ligero.

Su densidad es igual o menor a 0.952 g/cm<sup>3</sup>.

No es atacado por los ácidos, resistente al agua a 100°C y a la mayoría de los disolventes ordinarios.

## Polipropileno

El polipropileno (PP) es el polímero termoplástico, parcialmente cristalino, que se obtiene de la polimerización del propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poliolefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes.

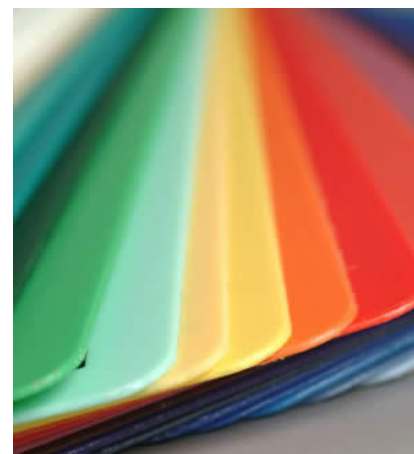
Es un producto inerte, totalmente reciclable, su incineración no tiene ningún efecto contaminante, y su tecnología de producción es la de menor impacto ambiental.

**El polipropileno es un altamente resistente a químicos.**

Rango de temperatura de trabajo 0°C +100°C.

Posee una gran capacidad de recuperación elástica.

Resiste al agua hirviendo, pudiendo esterilizarse a temperaturas de 140°C sin deformación.





Resiste a las aplicaciones de carga en un ambiente a una temperatura de 70°C sin producir deformación.

Gran resistencia a la penetración de los microorganismos.

Gran resistencia a los detergentes comerciales a una temperatura de 80°C.

Debido a su densidad flota en el agua.

## **SILICÓN DE GRADO MÉDICO**

La silicona, un polímero sintético, esta compuesta por una combinación química de silicio-oxígeno.

La misma es un derivado de la roca, cuarzo o arena. Gracias a su rígida estructura química se logran resultado técnicos y estéticos especiales imposibles de obtener con los productos tradicionales.

Puede ser esterilizada por Oxido de Etileno, radiación y repetidos procesos de autoclave.

## **PROPIEDADES PARTICULARES DE LAS SILICONAS**

Dada su composición química de Silicio-Oxígeno, la silicona es flexible y suave al tacto, no mancha ni se desgasta, no envejece, no exuda nunca, evitando su deterioro, ensuciamiento y/o corrosión sobre los materiales que estén en contacto con la misma, tiene gran resistencia a todo tipo de uso, no es contaminante y se pueden elegir diferentes y novedosos colores.

### **Propiedades mecánicas**

La silicona posee una resistencia a la tracción de 70 Kg/cm<sup>2</sup> con una elongación promedio de 400%. A diferencia de otros materiales, la silicona mantiene estos valores aun después de largas exposiciones a temperaturas extremas.

### **Propiedades Electricas**

La silicona posee flexibilidad, elasticidad y es aislante, manteniendo sus propiedades dielectricas aun antela exposición a temperaturas extremas donde otros materiales no soportarían.

### **Biocompatibilidad**

La biocompatibilidad de la silicona esta formulada por completo con la FDA Biocompatibility Guidelines para productos medicinales.

Esta es inolora, insípida y no hace de soporte para el desarrollo de bacterias, no es corrosivo con otros materiales.

La silicona curada con platino consistente únicamente en un copolímero de dimetil y metilvinil siloxano reforzado con silicio térmicamente curado por platino, translúcido y altamente flexible bajo cualquier condición, lo que hace que califique dentro de la USP Clase VI referida a una batería de tesis biológicas definidos en USP XXIV-sección 88, usado por la FDA para aprobar artículos médicos.

Gracias a su composición química, la silicona curada con Platino tienen la mayor transparencia y no son contaminantes.

En el sistema de producción hay inyección líquida de silicona en el molde.



## Resistencia Química

La silicona resiste algunos químicos, incluyendo algunos ácidos, oxidantes químicos, amoníaco y alcohol propílico. La silicona se hincha cuando se expone a solventes no polares como el benceno y el tolueno, retornando a su forma original cuando el solvente se evapora. Ácidos concentrados, alcalinos y otros solventes no deben ser usados con silicona.



## Procesos propuestos para la realización del proyecto:

### 1.-Termoformado:

El termoformado es un proceso de transformación del plástico que involucra una lámina de plástico que es calentada y que toma la forma del molde sobre el que se coloca. El termoformado puede llevarse a cabo por medio de vacío, presión y temperatura.

La ventaja del termoformado es la utilización de pocas herramientas, costo de ingeniería baja y menos tiempo, lo que hace que el termoformado sea ideal para el desarrollo de prototipos y un bajo volúmen de producción.

Las aplicaciones de los productos plásticos por termoformado incluyen: interiores automotrices, contenedores para empaque y transportes, equipo deportivo y recreacional, equipo médico, etc.

Los materiales que se utilizan en el termoformado con numerosos y van a depender de la aplicación y las propiedades que se requieran: Poliestireno, ABS, Polietileno, Polipropileno, Vorex, etc.

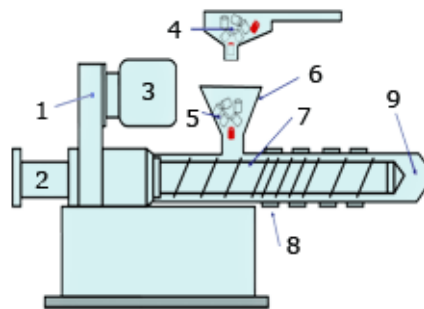
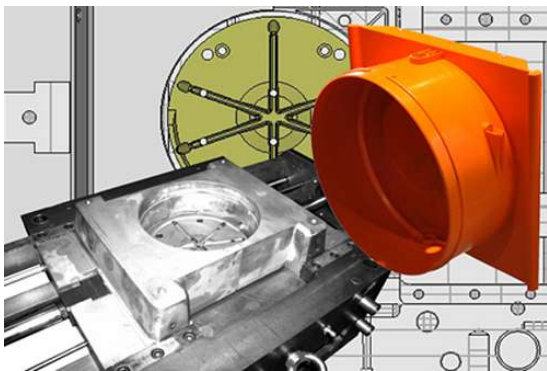


## 2.-Inyección de plásticos:

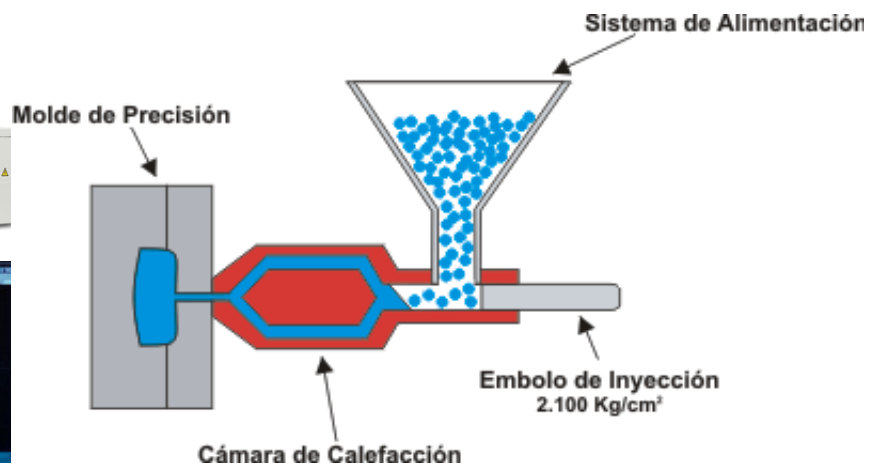
En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polímero o cerámico en estado fundido (o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

El moldeo por inyección es una técnica muy popular para la fabricación de artículos muy diferentes.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso. Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados.



1. Engranajes.
2. Cilindro hidráulico.
3. Motor.
4. Dosificador.
5. Pellets.
6. Tolva.
7. Husillo.
8. Calentadores y termopares.
9. Reserva de material fundido.



## Procesos por sistemas del socket:

### 1.- Sistema de ajuste por aire (parte interna del socket)

#### MOLDEO POR COMPRESIÓN

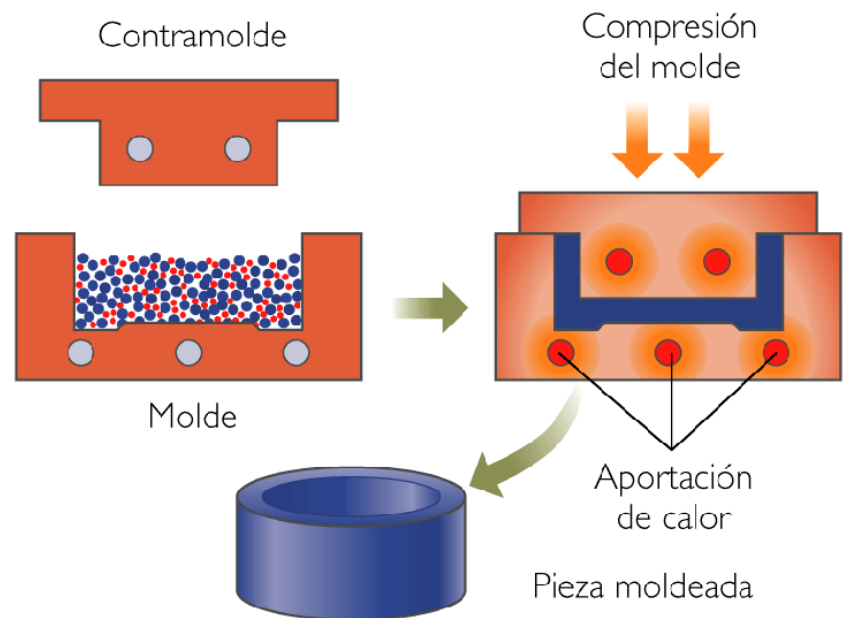
El moldeo por compresión es un proceso de conformado de piezas en el que el material, generalmente un polímero, es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde y calor para que el material reticule (las moléculas adquieren mayor rigidez) y adopte definitivamente la forma deseada.

En algunos casos la reticulación es acelerada añadiendo reactivos químicos, por ejemplo peróxidos. Se habla entonces de moldeo por compresión con reacción química.

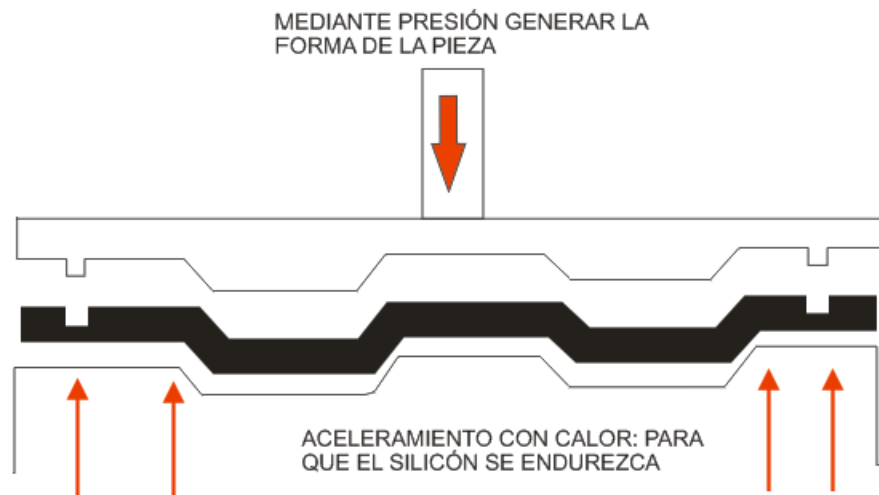
También se utiliza este proceso con materiales compuestos, por ejemplo plásticos reforzados con fibra de vidrio. En este caso el material no retícula sino que adopta una forma fija gracias a la orientación imprimida a las fibras durante la compresión.

En este proceso como se ve en la imagen se fabricarán las bolsas laterales, anterior, posterior y bolsa de la abrazadera.

En este caso se vaciará el silicón de grado médico sobre el molde, al cual se le aplicará un acelerador por medio de calor para que la pieza se vuelva estable.



Se muestra un diagrama de cómo funcionaría este molde:



## 2.- Abrazadera, Estructura superior, Estructura inferior (carcasa). (Parte externa del socket)

Esta estructura se compone por dos tipos de materiales la central que es el socket flexible hecho de polietileno (HDPE), y el socket rígido (exterior el cual tendrá color), hecho de polímero (PP o HDPE) reforzado con fibra de vidrio o carbono según las necesidades y economía del paciente.

Se proponen dos procesos: la co inyección de los polímeros, o inyección independiente de cada socket (rígido y flexible), para unirlos a presión y de esta manera se puedan cambiar de manera independiente, ya que el polímero reforzado con fibra es más costoso (socket rígido).

### Co-inyección:

Co-inyección es el proceso de introducir dos materiales compatibles en un único molde de inyección y donde el núcleo queda completamente encapsulado. El proceso produce una parte moldeada de tres capas con la apariencia deseada en el exterior.

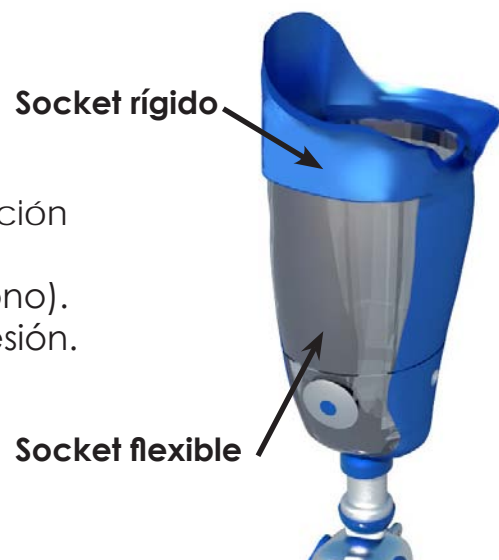


Este proceso ofrece distintas ventajas:

- Los materiales secundarios son reciclados para reducir costos y desviar materiales de residuos a nuevos productos utilizables.
- Los materiales secundarios pueden impartir propiedades beneficiosas, como fuerza al producto para mejorar el rendimiento de este.
- La co-inyección prácticamente no tiene efectos negativos sobre los tiempos de ciclo y requiere menos calor para derretir el material del núcleo, resultando menor uso de energía.

### Inyección de plástico:

En este diseño se realiza por separado la inyección del socket flexible (HDPE) y del socket rígido (polímero reforzado con fibra de vidrio o carbono). Una vez inyectadas cada pieza se unirán a presión. (El proceso se explica en la pág. 110)



# Anexo E

## (E) Tablas del sistema de movilidad de Otto Bock

Qué es nivel de uso?

MOBIS® – es un posterior desarrollo del Sistema® de Clasificación de Otto Bock presentado en 1994. Se centra en el paciente y en la necesidad de aumentar su calidad de vida.

Cuatro grados de movilidad forman la base, que sustituye a la antigua clasificación de tres grados. Además de esto, se añadió una categoría de peso adicional para personas con un peso superior a 125 kg. Con la ayuda del Símbolo MOBIS®, el técnico ortopédico puede reconocer inmediatamente el grado de movilidad y hasta qué peso máximo puede recomendar los componentes funcionales como pies protésicos, rodillas y caderas.

Para los componentes estructurales como son los adaptadores, es válida la clasificación habitual según el peso del paciente.

### El Sistema de Movilidad de Otto Bock

MOBIS®– comienza con cuatro Grados de Movilidad\*: El usuario de espacios interiores, el usuario de espacios exteriores con limitaciones, el usuario de espacios exteriores sin limitaciones y el usuario de espacios exteriores sin limitaciones con exigencias especialmente altas.

\* Esta clasificación corresponde al perfil del protocolo de la MDS: Asociación Alemana de Mutuas Registradas.

MOBIS®– incluye cuatro clasificaciones de peso: peso del paciente inferior a 75 kg, inferior a 100 kg, inferior a 125 kg y superior a 125 kg. Combinamos toda la información que necesite para seleccionar los componentes protésicos en un solo símbolo.

MOBIS®– fácil de usar.

Los campos en negro de la mitad superior del símbolo indican que la rodilla 3R60 se recomienda a pacientes con Grados de Movilidad 2 ó 3. En la parte inferior, los campos 75 kg y 100 kg están en negro para indicar que la 3R60 está aprobada para pacientes con un peso de hasta 100 kg.



## Grado de Movilidad y objetivos terapéuticos

### Usuarios en espacios interiores

El usuario tiene la capacidad o el potencial de usar la prótesis con la finalidad de desplazarse a escasa velocidad en superficies planas. La cantidad de tiempo y distancia son muy limitados debido a su estado.

Objetivos Terapéuticos:

Restablecer la capacidad de bipedestación del usuario y proporcionarle una movilidad limitada en espacios interiores.



### Usuarios limitados en espacios exteriores

El usuario tiene la capacidad o el potencial para moverse lentamente con la prótesis y poder superar obstáculos pequeños como bordillos, escalones o superficies desniveladas. La cantidad de tiempo y distancia recorrida son muy limitados debido a su estado.

Objetivos Terapéuticos:

Restablecer la capacidad de bipedestación del usuario y su movimiento tanto en espacios interiores como en exteriores con limitación.



### Usuarios sin limitaciones en espacios exteriores

El usuario tiene la capacidad o el potencial de moverse con la prótesis a velocidades alternativas y a la vez puede superar la mayor parte de los obstáculos. Asimismo tiene la capacidad de moverse en espacios abiertos y puede ejercer actividades profesionales, terapéuticas y otras que no expongan a la prótesis a una sobrecarga. Esto también incluye a aquellos usuarios que necesitan más seguridad debido a condiciones secundarias (minusvalías adicionales, condiciones especiales de vida) y con una necesidad de movilidad de media a alta. En comparación con las personas sin minusvalía, la cantidad de tiempo y la distancia recorrida son muy parecidas.

Objetivos Terapéuticos:

Restablecer la capacidad del usuario de caminar y moverse sin limitaciones en espacios interiores y solo con limitaciones parciales en espacios exteriores.



### Usuarios sin limitaciones en espacios exteriores con exigencias especialmente altas

El usuario tiene la capacidad de moverse con una prótesis de forma similar a la del usuario sin limitaciones de espacios exteriores. La cantidad de tiempo y distancia recorrida no están limitados.

Objetivos Terapéuticos:

Restablecer la capacidad de bipedestación, caminar y moverse tanto en espacios interiores como exteriores sin ninguna limitación.





# Anexo F

## (F) Determinantes del diseño final del socket ajustable para prótesis

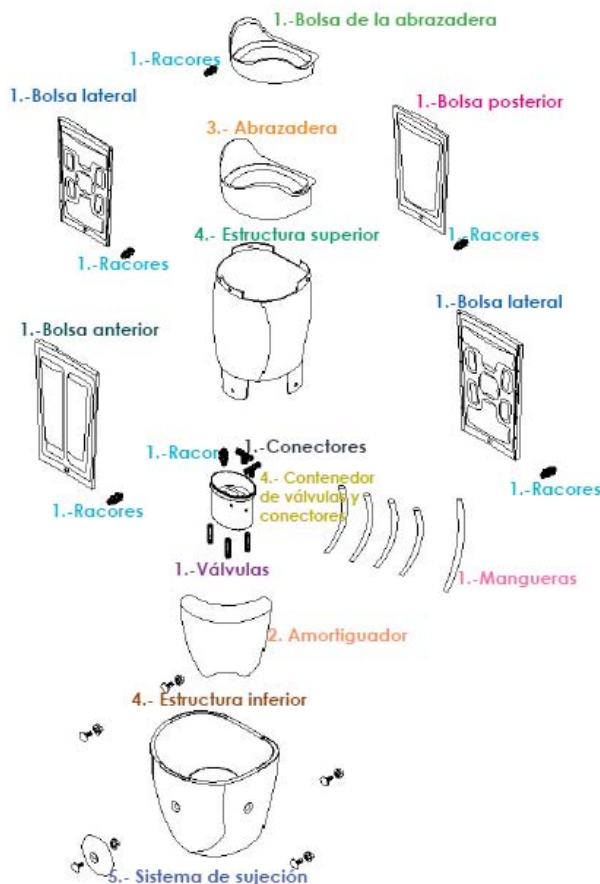
En este anexo se describe las decisiones que se determinaron para aplicar al diseño final en los 4 factores determinantes que son: Función, Producción, Ergonomía y Estética.

### •Función:

1.- Se definieron los siguientes sistemas con sus piezas respectivas:

#### Requerimientos de cada sistema (particulares)

- Sistema de ajuste por aire:** Para compensar la pérdida de masa muscular (Este sistema se mantuvo con las mismas características de burbujas que se propuso por ingeniería. Lo que se modificó fue su espesor, el material y la estructura de sujeción entre cada una de las bolsas del sistema de ajuste por aire.)
- Abrazadera:** Para sujetar el socket al muñón, y que no se caiga o resbale el socket. (Se tiene que adaptar a la estructura anatómica del muñón)
- Estructura (Carcasa):** Contener al muñón y dar soporte al socket, sirve de unión entre la pierna artificial y el socket
- Soporte:** Amortiguar el movimiento generado por el muñón para que no se lastime.
- Sistema de sujeción:** Es el que une a cada pieza del socket asegurando el muñón.



#### Parte interna del socket

1.- Sistema de ajuste por aire:

- Bolsas laterales
- Bolsa posterior y anterior
- Bolsa de la abrazadera
- Conectores
- Racores
- Válvulas
- Mangueras

2.- Amortiguador

#### Parte externa del socket

3.- Abrazadera

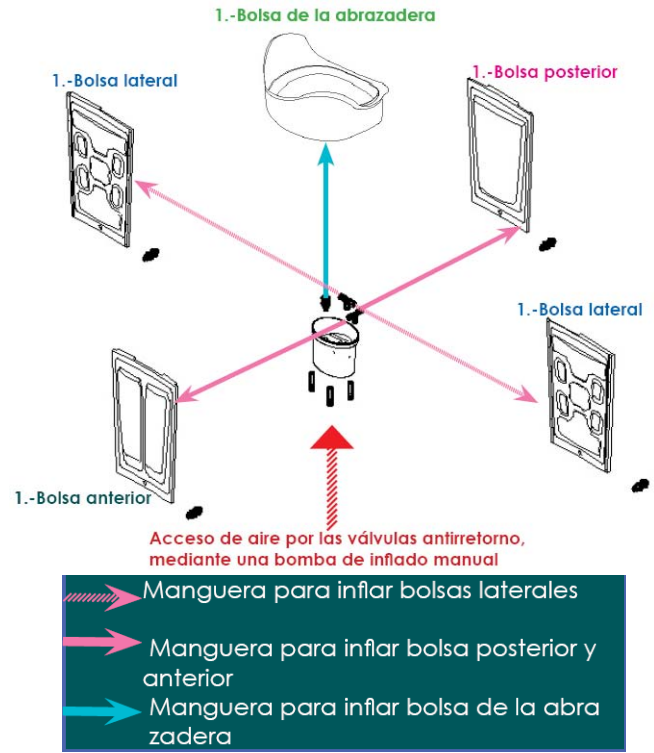
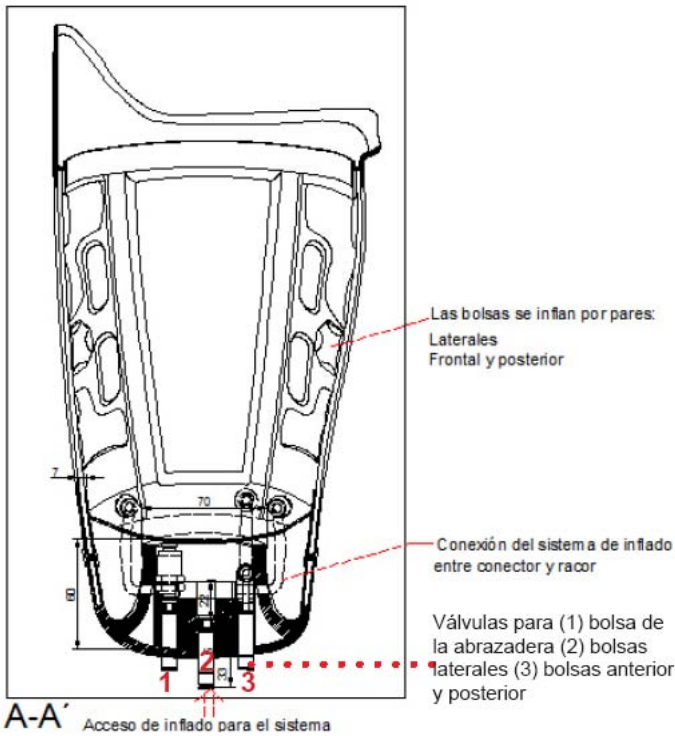
4.- Estructura (carcasa)

- Estructura superior
- Estructura inferior
- Estructura contenedor de válvulas y conectores.

5.- Sistema de sujeción (pernos y tapa frontal de aluminio)

●Se determinó para el sistema de ajuste (1) la utilización de válvula antirretorno y conectores, los cuales permiten asegurar que no habrá fugas de aire y si la manguera o la bolsa se llegarán a dañar puedan cambiarse de manera independiente.

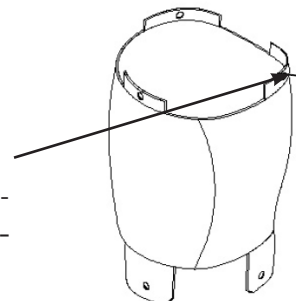
### Sistema de ajuste por aire



### Recomendaciones para el socket ajustable:

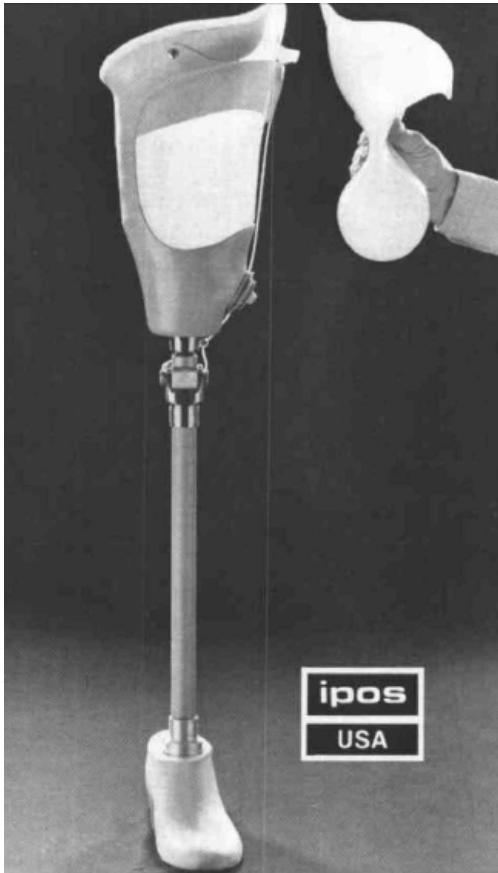
- El paciente no deberá de pesar más de 75 Kg (ya que podría verse afectado el sistema de inflado (válvulas y conectores); si llega a recargar el peso la parte distal del muñón).
  - El uso del socket será de uso moderado (en espacios exteriores), esto es que no se recomienda ser usado para actividades deportivas de alto impacto como atletismo.
  - El peso del socket no deberá exceder los 5 kg.
  - Se podrá usar solo en muñones cilíndricos y cónicos, por la configuración de las bolsas del sistema de inflado.
- Esto es importante ya que hay muñones de procedencia congénita o bulbosos; que tienen una geometría irregular los cuales no entrarían dentro del estándar.
- Si el paciente no se siente seguro al caminar con el sistema de inflado se recomienda usar cinturón de neopreno o silesiano.

Se dejan barrenos en la parte superior para que el paciente pueda cambiar la abrazadera si realmente requiere contención isquiática, y ya que la muestra es personalizada por el encapsulamiento del isquión. Tendría que hacerse en polipropileno o polietileno y unirse con pernos a la estructura estándar.



El socket ajustable esta basado en el socket flexible IPOS, ya que el socket rígido se propone de polímero reforzado (PP o HDPE) con fibra de vidrio o carbono y el socket flexible de polietileno o polipropileno (según las posibilidades económicas del usuario). Esto es para que el socket sea más cómodo y le permita mayor movilidad al paciente.

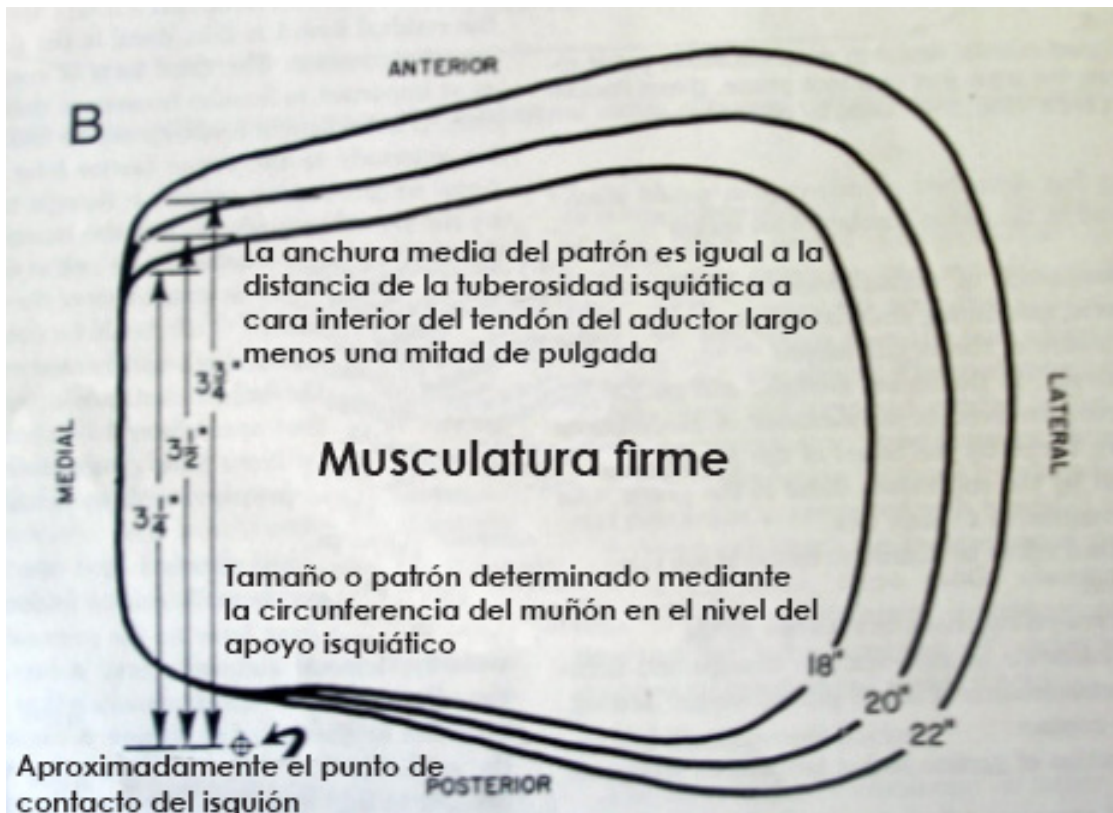
**1.- IPOS:** Usa ipolen que es una fórmula especial de polietileno y que proporciona un socket uniforme en espesores y contracciones pequeñas en el material. El socket resultante es traslúcido.



#### ●Producción:

En este proyecto se decidió usar en la abrazadera el socket cuadrilateral, ya que existe un estándar por el cual se realiza este tipo de socket. Éste estándar se basa en la aplicación de 6 anillos para la pierna derecha y 6 anillos para la pierna izquierda.

Para generar la talla chica, mediana y grande se van a usar las circunferencias ya establecidas en estos anillos, ya que se usa la de tejido firme por que son usuarios de 19 a 24 años.



Se plantea para producción estos 6 patrones para cada pierna (izquierda y derecha) como moldes.

No importa si es para hombre o mujer ya que no influye la edad para determinar la dimensión del socket si no la frecuencia de uso y el peso, porque puede existir una persona de 20 años obesa con poco uso o una persona de 40 años delgada y uso activo. **(para más detalle ver ANEXO E SISTEMA DE MOVILIDAD DE OTTO BOCK)**

Por lo tanto las tallas quedaron de esta manera:

**CHICA: 18" Y 20"**





**MEDIANA: 22" Y 24"**





**GRANDE: 26" Y 28"**

Para pierna derecha y para pierna izquierda.




A continuación se muestra el material que se definió para cada sistema: (para más detalle sobre materiales y procesos ver ANEXO D).

### 1.- Sistema de ajuste por aire



PIEZA	No. y Nombre	Cantidad	Material	Proceso
	1 Conector QST-4	2	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	2 Racor pasamuro QSS-4	6	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	3 Válvula Antirretorno H-QS-4	3	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	4 Bolsa lateral	2	SILICÓN DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado

	5 Bolsa posterior	1	SILICON DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado
	6 Bolsa frontal	1	SILICÓN DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado
	7 Manguera 4mm	9	ESTÁNDAR	ESTÁNDAR
	8 Sujetador	1	SILICON DE GRADO MÉDICO CON ESTRUCTURA DE NEOPRENO	Inyección a presión en molde o vaciado

## 2.- Abrazadera y 3.- Estructura (carcasa)

	9 Abrazadera	1	Inyección o Termoformado HDPE	INYECCIÓN TERMOFORMADO Y PEGADO
	10 Estructura (macho)	1	Inyección o Termoformado HDPE (Refuerzo fibra de carbono)	INYECCIÓN TERMOFORMADO Y PEGADO
	11 Estructura (hembra)	1	Inyección o Termoformado HDPE (Refuerzo fibra de carbono)	INYECCIÓN TERMOFORMADO Y PEGADO

## 4.- Soporte y 5.- Sistema de sujeción.

	12 Soporte	1	SILICÓN DE GRADO MÉDICO	Inyección a presión en molde o vaciado
	13 (1) Tornillos y (2) pieza frontal	5	(1) Diámetro 1/4" (2) 5cm de diámetro maquinado en aluminio	ESTÁNDAR

Se eligieron estos materiales ya que son los que cumplen con las características de resistencia para soportar el peso de la persona más los esfuerzos a los que estarán sometidos los materiales, porque con el socket ajustable la persona podrá realizar sus actividades cotidianas contemplando el desplazamiento exterior de la persona que implica subir escalones y caminar grandes distancias, etc. **(Para mayor información sobre el comportamiento de materiales consultar ANEXO 3: Lisette Farah Simón, Hanna Leslye García Guerra, Regina Rodríguez López, Diseño de un socket ajustable para prótesis de miembro inferior, UNAM, Facultad de Ingeniería, Mecatrónica, 2006)**

El proceso depende de las posibilidades económicas del paciente y del volumen de ventas del producto, ya que de inyección de plásticos proporciona mayor seguridad y resistencia a la pieza realizada, mientras que el termoformado sería menos durable aunque esto depende de los espesores que se manejen en el material que no deben exceder los 5mm, por el peso del socket que no debe exceder los 5 KG.

### ●Ergonomía: Antropometría

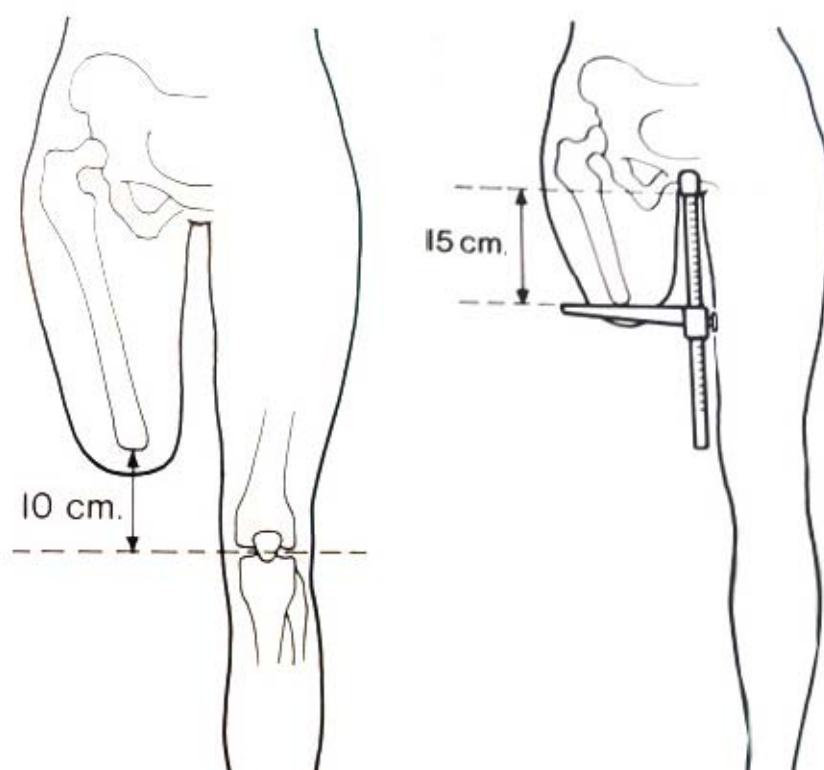
Para que el usuario pueda usar el socket ajustable tiene que tener estas medidas de muñón mínimas:

En México no existen estadísticas de medidas de personas amputadas, por este motivo se decidió establecer como aproximación de tallas los anillos que son estándar y se manejan hoy en día en la elaboración de sockets cuadrilaterales.

Para generar una estadística se requiere: Si es una investigación cuantitativa como en este caso, deberán participar al menos 25 personas (Nielsen 2000), y éstas incrementarán según la población que se desee cubrir en tallas con este producto.

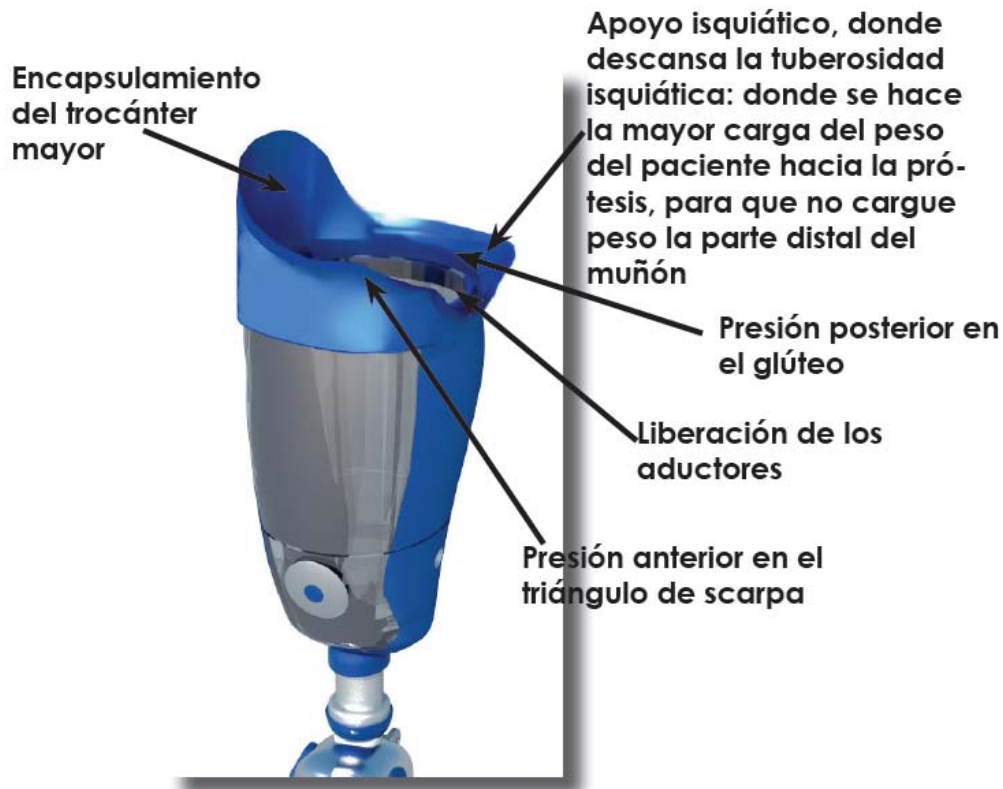
Esta estadística no está contemplada para ser realizada a lo largo de este proyecto, pero para investigaciones futuras al realizar el producto final se requiere tomar una muestra supervisada por un especialista en la materia para generar datos antropométricos precisos de la población amputada, y de esta manera se establezcan las tallas adecuadas para este sector.

En este proyecto no se tomaron estas medidas ya que no cuento con la preparación profesional avalada para generar la muestra, sin embargo se realizaron protocolos rápidos **(ver ANEXO A y B)**, para identificar problemas en el diseño y de esta manera aplicar los resultados a la solución del diseño final **(ver Capítulo 3)**, y un protesista tomó las medidas a estos pacientes para usarse de referencia en la construcción del objeto final.

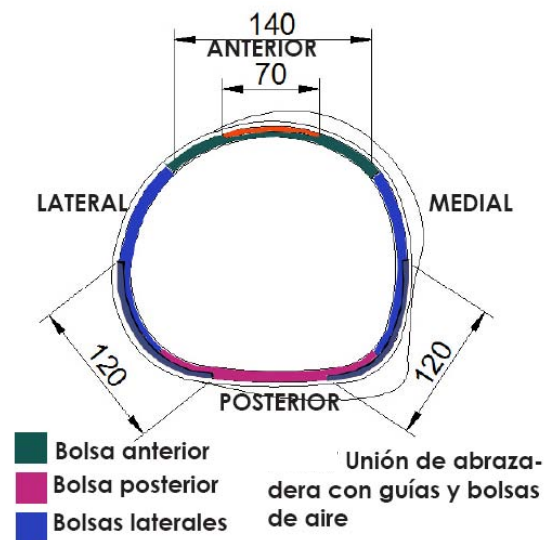
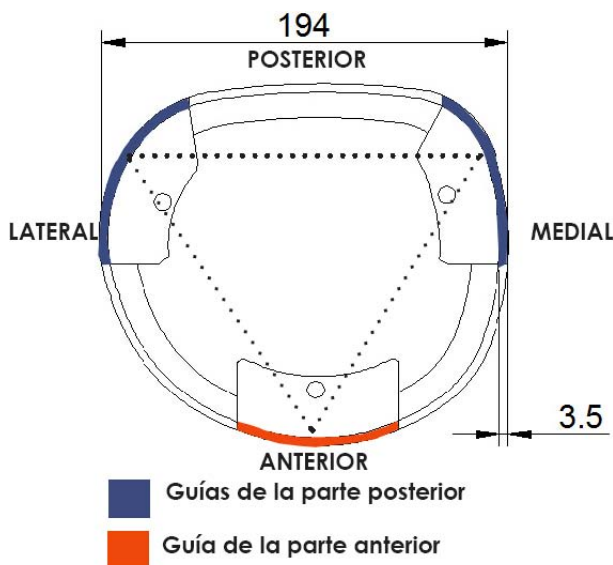


● **Uso del producto:**

La abrazadera tiene puntos de apoyo importantes que permiten que se adapte al perfil anatómico de la pierna y de esta manera se pueda contener con seguridad el muñón sin lastimarse.



Ya que los usuarios no identificaron como embonar la estructura superior con la inferior, porque las guías eran de la misma dimensión se realizó un diseño en triángulo donde las guías de la parte posterior del socket son de igual tamaño y la guía de la parte anterior del socket es más pequeña.



El usuario del socket podrá identificar el frente por una pieza circular más grande que la cabeza de los tornillos. Ésta pieza se coloca al centro de la cara anterior del mismo.

El socket que se llevará acabo es de la pierna derecha.

La prótesis que se le coloca al socket puede usar diversos componentes dependiendo para el grado de uso que requiera el paciente según sus necesidades cotidianas **(ANEXO E)**.

Para que el paciente pueda inflar sin ayuda de otra persona el sistema de ajuste por aire se propone usar una bomba como la de un baumanómetro.

Los materiales que se propusieron para el diseño son ligeros para que el paciente no tenga daños o lesiones en la cadera o la columna.

Son biocompatibles en el caso de la aplicación de silicón de grado médico para que no cause ninguna alergia o lesiones en la piel. **(ANEXO D)**

#### ●**Estética:**

La configuración final es semejante al perfil anatómico del ser humano para que el usuario sienta el producto como extensión de su cuerpo. Y sobre todo lo identifique como parte de sí mismo, por eso es importante que no se detecte bajo la ropa y que el socket sea semejante al perfil del músculo.

Se aplicaron los colores que genera aceptación por los jóvenes que es el mercado meta : juvenil y tecnológica (como se mostrará más adelante)

Este producto tiene como objetivo principal que el usuario mejore su calidad de vida, el diseño se integra con la piezas estándar que se manejan en la prótesis actualmente como lo son las rodillas electrónicas, las cuales permiten que el usuario pueda usar la bicicleta, caminar normalmente con distintas marchas según el espacio o actividad que se encuentre realizando. El socket se propone con materiales de alta calidad y piezas intercambiables, para alargar su tiempo de vida.

Las personas que experimentan una amputación pasan por diversas etapas:

### **Las cinco etapas del proceso de adaptación**

#### **Negación**

La negación la suelen experimentar personas que se someten a amputaciones por traumatismo; normalmente aquellas a las que se les ha practicado amputaciones quirúrgicas no la sufren.

#### **Rabia**

A menudo se culpa de la pérdida a Dios, al médico o a otras personas.

#### **Regateo**

En esta fase, los pacientes intentan posponer la realidad de la amputación y la mayoría intentará regatear con su doctor o alguna autoridad superior como, por ejemplo, una figura religiosa.

#### **Depresión**

En esta etapa, la depresión sustituye a la rabia. Ésta es probablemente la fase más complicada de la adaptación, pero también desaparecerá.



No es una depresión clínica; es normal. Los síntomas más frecuentes son el exceso o la falta de sueño, los sentimientos negativos sobre la realidad y el futuro, los sentimientos de desesperación y hablar de la muerte. La depresión no es un signo de debilidad; sin embargo, no debería sentirse así. Es tratable y usted no debería dudar en pedir ayuda a su médico, enfermera, familiares y amigos.

### **Aceptación y esperanza**

Con el tiempo, aceptará la pérdida y volverá a su hacer su vida normal. Esto se consigue más fácilmente si habla con alguien que haya superado todo el proceso y le pueda dar algunos consejos que le ayuden a afrontar la pérdida.

Al momento que existe una etapa de aceptación del problema por parte del paciente (esto es variable en cada persona); se inicia con la rehabilitación ya que puede tardar más de tres meses el paciente para adaptarse a una prótesis, y pueda llevar acabo la marcha.

Este producto se ofrece al paciente cuando ya esta en la etapa de aceptación, actualmente se maneja una tendencia de alta tecnología en piezas de prótesis haciendo notar su configuración parecida a la de un robot (entidad mecánica artificial, aplicada a la medicina), que las piezas elaboradas se puedan personalizar mediante colores, o alguna textura en estampado; esto genera que el usuario se apropie del objeto y cause una relación con el mismo y una respuesta emocional al verlo.

Sabemos que los sentidos son importantes al momento de decidir la compra de un objeto u otro, en este caso es importante que la textura del socket sea lisa ya que se asocia con un objeto confortable que va estar en contacto con la piel, por esta razón no puede ser rugoso ya que el paciente generaría una asociación de áspero que lo va a incomodar al contacto con la piel. El color en este caso es importante que sea brillante y no opaco, ya que genera una percepción de vitalidad, poder y estabilidad (confianza). Esto genera que resalte frente a otros productos, que exalte el socket su presencia. Y por el mercado que va de 19 a 24 años, es relevante aplicar colores (azul, rosa en tonos encendidos) en volúmenes curvos; proyectando dinamismo.

En cuanto a colores esta es una encuesta de 400 personas y lo que entienden por cada color:

### **El color plata**

El brillo moderno

Lo moderno: plata 18% - negro 15% - blanco 14% - azul 12% - naranja 11%

Lo técnico / lo funcional: azul 22% - plata 19% - gris 18% - blanco 16% - negro 12%

El concepto de "lo moderno" es uno de los dos conceptos en los que la mayoría de los encuestados piensa en primer lugar en el color de la plata.

Azul-plata-gris es el acorde de lo técnico y de lo funcional. Y el plata es uno de los colores que se relaciona a lo artificial, de lo creado por la tecnología.

### 😊 El color azul

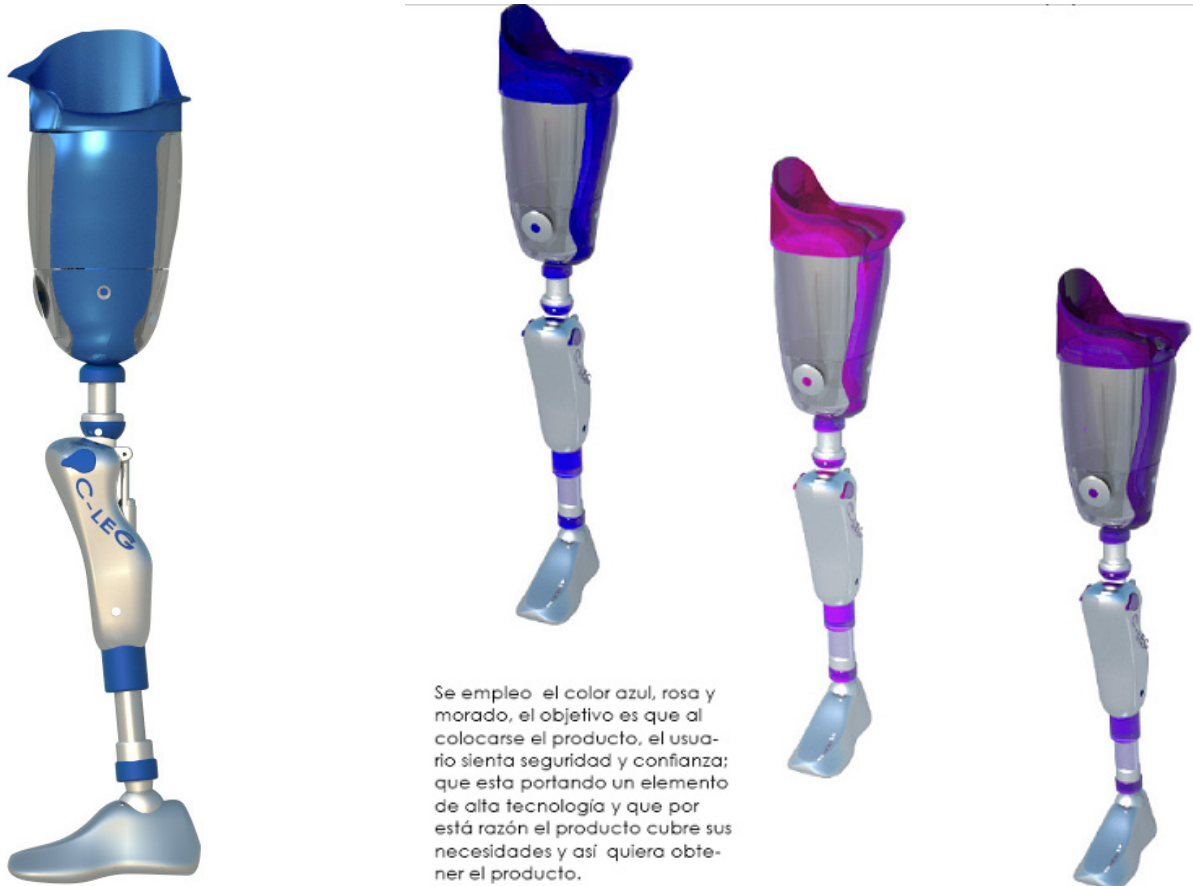
El azul es el color principal de las cualidades intelectuales. Éstos son los colores principales de la inteligencia, la ciencia y la concentración.

### 😊 El color rosa

El mensaje del rosa varía con su intensidad. Los rosas más cálidos conllevan energía, juventud, diversión y excitación y son recomendados para productos enfocados a mujeres o chicas jóvenes.

### 😊 El color morado

Es sabiduría, creatividad, extravagancia, magia y espiritualidad; por lo que es muy efectivo para los diseños que impliquen a la mujer como mercado objetivo.



El producto crea en el consumidor distintos sistemas emocionales en este caso se eligió como herramienta de diseño el color y los sentidos los cuales incluyen el uso apropiado del estilo y técnica aplicable a la tecnología del momento para asignar un valor emocional a estos diversos estímulos que se dan en el usuario. Y de esta manera quiera obtener el producto el consumidor. **(para más detalles ver Capítulo 3. Desarrollo del proyecto)**

# Agradecimientos del autor

En primer lugar no existe una jerarquía en la posición de los agradecimientos. Para mí tienen la misma importancia ya que su contribución de todas las personas mencionadas fue fundamental para el término de este proyecto.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México por formarme en sus aulas como profesional.

A todos y cada uno de los profesores del Centro de Investigación de Diseño Industrial que participaron en mi desarrollo profesional y personal.

A los profesores que me orientaron en el desarrollo de este proyecto:

Al Dr. Jesús Manuel Dorador González por sus consejos siempre oportunos en el Diseño del Socket Ajustable; y por darme la oportunidad de trabajar junto con la Facultad de Ingeniería en el área de Mecatrónica en este proyecto.

Al D.I Roberto González Torres por sus comentarios tan acertados que realizó a lo largo de todo este proyecto en el Diseño del Socket Ajustable y por su apoyo en la finalización del mismo.

Al D.I Juan Carlos Ortiz por apoyarme en la parte de ergonomía y estética del diseño del Socket Ajustable y por sus opiniones.

A los D.I Sergio Torres y D.I Joaquín Alvarado por sus consejos de procesos de producción y hacerme ver la importancia de las decisiones de diseño para la vida profesional.

Este trabajo se realizó con apoyo de los proyectos UNAM-PAPIIT IN102806, IN110809 y Conacyt 103315 “Diseño del Sistema de Ajuste para un socket ajustable para prótesis de miembro superior”

A los especialistas del Instituto Nacional de Rehabilitación:

Al Ing. Biomédico Carlos Galván Duque Gastélum por su asesoramiento en el diseño del Socket Ajustable, por la información que me proporcionó y por la entrevista que me permitió realizarle.

Al Lic. en órtesis y prótesis Francisco González Armendáriz por ayudarme en la realización del simulador del Socket ajustable, por sus consejos dentro del diseño, por proporcionarme información para el proyecto, por mostrarme su proceso de realización de sockets y por permitirme realizarle una entrevista.

A la Maestra Ing. Hanna García Guerra por siempre escuchar mis dudas y darme su apoyo en la parte de ingeniería de este proyecto.

Al Protesista Alejandro Zetina por realizar las mediciones de los pacientes amputados y mostrarme el procedimiento de como se realiza la toma de muestra del muñón y sus comentarios.



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**A Susana Nolasco y Erick Aldrete el equipo de producción que me ayudo a realizar las entrevistas de los especialistas y a la edición de las mismas.**

**A la Lic. en Publicidad Yareni Villagómez por ayudarme a estructurar la entrevista y por sus consejos.**

**A mi hermano Aldo Hernández por darme sus comentarios del documento y darme siempre su punto de vista.**

**Gracias a todos ustedes por transmitirme sus conocimientos que fueron muy importantes para la realización de este proyecto y que enriquecen mi formación profesional.**