



**UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO  
FACULTAD ACADEMICA CIENCIAS DE LA INGENIERIA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN DE GRADO PREVIO A LA  
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIEROS EN SISTEMAS  
COMPUTACIONALES**

**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TEMA: DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA  
PERSONAS CON FALTA DE UNA DE SUS EXTREMIDADES  
SUPERIORES DEL CUERPO**

**Autores:**

**ALVARIO SANCHEZ CARLOS ENRIQUE  
AGUIRRE MARTINEZ EDIGSON GOROZABEL**

**Acompañante:**

**ING. MENDOZA CABRERA DENIS DARIO, MSC**

**MILAGRO, MAYO DE 2019**

**ECUADOR**

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.  
Fabricio Guevara Viejó, PhD.  
**RECTOR**  
**Universidad Estatal de Milagro**  
Presente.

Nosotros, **CARLOS ENRIQUE ALVARIO SÁNCHEZ** en calidad de autores y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Propuesta Tecnológica, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor la Propuesta Tecnológica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática **DESARROLLO DE SOFTWARE, SEGURIDAD DE LA INFORMACION** del Grupo de Investigación **TECNOLOGIA DE INFORMACION, COMUNICACIÓN, CONTROL Y AUTOMATIZACION DE PROCESOS SIST** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta Propuesta Tecnológica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 8 días del mes de mayo de 2019

  
\_\_\_\_\_

Firma del Estudiante  
Alvario Sánchez Carlos Enrique  
CI: 120770267-9

## DERECHOS DE AUTOR

Ingeniero.  
Fabricio Guevara Viejó, PhD.  
**RECTOR**  
**Universidad Estatal de Milagro**  
Presente.

Yo **EDIGSON GOROZABEL AGUIRRE MARTINEZ** en calidad de autores y titular de los derechos morales y patrimoniales de la alternativa de Titulación – Propuesta Tecnológica, modalidad presencial, mediante el presente documento, libre y voluntariamente procedo a hacer entrega de la Cesión de Derecho del Autor la Propuesta Tecnológica realizado como requisito previo para la obtención de mi Título de Grado, como aporte a la Temática **DESARROLLO DE SOFTWARE, SEGURIDAD DE LA INFORMACION** del Grupo de Investigación **TECNOLOGIA DE INFORMACION, COMUNICACIÓN, CONTROL Y AUTOMATIZACION DE PROCESOS SIST** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de esta Propuesta Tecnológica en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, a los 8 días del mes de mayo de 2019

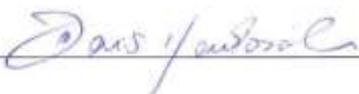
  
\_\_\_\_\_

Firma del Estudiante  
Aguirre Martínez Edigson Gorozabel  
CI: 092307545-1

## APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Yo, **DENIS DARIO MENDOZA CABRERA** en mi calidad de tutor de la Propuesta Tecnológica, elaborado por los estudiantes **CARLOS ENRIQUE ALVARIO SÁNCHEZ** y **AGUIRRE MARTINEZ EDIGSON GOROZABEL**, cuyo título es **DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO** que aporta a la Línea de Investigación **DESARROLLO DE SOFTWARE, SEGURIDAD DE LA INFORMACION** previo a la obtención del Grado **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES**; considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios en el campo metodológico y epistemológico, para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Propuesta Tecnológica de la Universidad Estatal de Milagro.

En la ciudad de Milagro, a los 8 días del mes de mayo de 2019.



---

Ing. Denis Darío Mendoza Cabrera MSC.  
Tutor  
C.I.:092348980-1

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

**PRESIDENTE:** MENDOZA CABRERA DENIS DARIO

**DELEGADO:** CABRERA TORRES ABDON ADOLFO

**SECRETARIO:** AREVALO GAMBOA LISSETT MARGARITA

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES** presentado por la /el señor (a/ita) **ALVARIO SÁNCHEZ CARLOS ENRIQUE**.

Con el título: **DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO**.

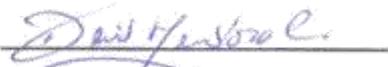
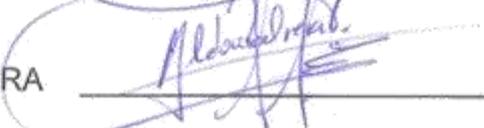
Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Propuesta Tecnológica | [ 74,34 ] |
| Defensa oral          | [ 15,33 ] |
| Total                 | [ 89,67 ] |

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 8 de mayo del 2019.

Para constancia de lo actuado firman:

|               | Nombres y Apellidos |           |         | Firma  |
|---------------|---------------------|-----------|---------|--|
| Presidente    | DENIS<br>CABRERA    | DARIO     | MENDOZA |  |
| Secretario /a | LISSETT<br>GAMBOA   | MARGARITA | AREVALO |  |
| Integrante    | ABDON<br>TORRES     | ADOLFO    | CABRERA |  |

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR

El tribunal calificador constituido por:

**PRESIDENTE:** MENDOZA CABRERA DENIS DARIO

**DELEGADO:** CABRERA TORRES ABDON ADOLFO

**SECRETARIO:** AREVALO GAMBOA LISSETT MARGARITA

Luego de realizar la revisión de la Propuesta Tecnológica, previo a la obtención del título (o grado académico) de **INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES** presentado por la /el señor (a/ita) **AGUIRRE MARTINEZ EDIGSON GOROZABEL**.

Con el título: **DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO.**

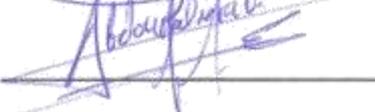
Otorga a la presente propuesta tecnológica, las siguientes calificaciones:

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Propuesta Tecnológica | [ 7434 ]  |
| Defensa oral          | [ 15,33 ] |
| Total                 | [ 89,67 ] |

Emite el siguiente veredicto: (aprobado/reprobado) APROBADO

Fecha: 8 de mayo del 2019.

Para constancia de lo actuado firman:

|               | Nombres y Apellidos |           |         | Firma  |
|---------------|---------------------|-----------|---------|--|
| Presidente    | DENIS<br>CABRERA    | DARIO     | MENDOZA |  |
| Secretario /a | LISSETT<br>GAMBOA   | MARGARITA | AREVALO |  |
| Integrante    | ABDON<br>TORRES     | ADOLFO    | CABRERA |  |

## **DEDICATORIA**

A dios por permitir un día más de vida por que sin el nada se puede hacer.

A mis padres que estuvieron pendientes en la elaboración de este trabajo y de que finalizara esta etapa de universidad.

A todas las personas que estuvieron apoyando en cada momento y han estado con uno en las buenas y malas.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres por todo el apoyo que me han brindado, por su sabiduría y experiencia, por estar hoy ayudándome para poder culminar esta etapa de mi vida.

A todas las personas que estuvieron apoyando siempre en el desarrollo de este proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

|  |      |
|--|------|
| DERECHOS DE AUTOR .....                                | ii   |
| DERECHOS DE AUTOR .....                                | iii  |
| APROBACIÓN DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA ..... | iv   |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR .....              | v    |
| APROBACIÓN DEL TRIBUNAL CALIFICADOR .....              | vi   |
| DEDICATORIA .....                                      | vii  |
| AGRADECIMIENTO .....                                   | viii |
| ÍNDICE GENERAL .....                                   | ix   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                | xi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....                                 | xii  |
| RESUMEN .....  | 1    |
| ABSTRACT .....   | 2    |
| PROBLEMA .....   | 3    |
| 1.1 Planteamiento del problema .....                   | 3    |
| 1.2 Formulación del problema .....                     | 4    |
| 1.3 Objetivos de la investigación .....                | 4    |
| 1.3.1 Objetivo general .....                           | 4    |
| 1.3.2 Objetivos específicos .....                      | 4    |
| 1.4 Justificación de la investigación .....            | 5    |
| 1.5 Delimitaciones .....                               | 5    |
| 1.6 Limitaciones .....                                 | 6    |
| ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....                     | 7    |
| 2.1 ANTECEDENTES .....                                 | 7    |
| 2.2 MARCO TEÓRICO .....                                | 9    |
| 2.2.1 Cibernética .....                                | 9    |
| 2.2.2 Prótesis .....                                   | 9    |
| 2.2.2.1 Estáticas .....                                | 9    |
| 2.2.2.2 Funcional .....                                | 10   |
| 2.2.3 Prótesis comerciales .....                       | 14   |
| 2.2.4 Prótesis realizada en Ecuador .....              | 15   |
| 2.2.5 Funcionamiento .....                             | 16   |
| ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN .....             | 17   |
| 3.1 Desarrollo mediante la función de calidad .....    | 17   |
| 3.1.1 Voz del cliente o usuario .....                  | 17   |

|  |    |
|--|----|
| 3.1.2 Voz del ingeniero o desarrollador.....                 | 17 |
| 3.3 Generación de alternativas .....                         | 18 |
| 3.4 Evaluación de alternativas .....                         | 19 |
| 3.5 Detalles de mejora.....                                  | 20 |
| DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....                 | 21 |
| 4.1 Proceso de desarrollo .....                              | 21 |
| 4.2 Proceso del diseño mediante el escaneo de la mano.....   | 21 |
| 4.3 Proceso del diseño ejecutando el modelado en 3D .....    | 22 |
| 4.4 Proceso del diseño del prototipo.....                    | 23 |
| 4.5 Proceso de impresión 3D.....                             | 25 |
| 4.6 Utilización de placa Arduino Nano V3.....                | 26 |
| 4.7 Verificación de su funcionamiento .....                  | 27 |
| ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA ..... | 29 |
| 5.1 Presupuesto de la propuesta tecnológica.....             | 29 |
| 5.2 Costo del diseño de la prótesis .....                    | 29 |
| 5.3 Costo de construcción de la prótesis .....               | 30 |
| 5.4 Costo total del proyecto.....                            | 30 |
| 5.5 Costo de la prótesis.....                                | 31 |
| CONCLUSIONES.....  | 32 |
| RECOMENDACIONES .....  | 33 |
| ANEXOS.....  | 34 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                              | 36 |
| Referencias.....   | 36 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Registro nacional de discapacidades CONADIS, año 2018 .....   | 4  |
| Figura 2: Prótesis estáticas (amputados, 2011).....   | 10 |
| Figura 3: Prótesis funcional (London, 2016).....  | 11 |
| Figura 4: Prótesis eléctrica (fisioterapia, 2013).....  | 11 |
| Figura 5: Prótesis mecánica. (G., 2005).....  | 12 |
| Figura 6: Prótesis mioeléctricas (G., 2005).....  | 12 |
| Figura 7: Prótesis híbrida (G., 2005).....  | 13 |
| Figura 8: Prótesis biónica (history, 2016).....   | 14 |
| Figura 9: Prótesis Michelangelo (L. Giuseppe, 2010).....  | 14 |
| Figura 10: Prótesis BeBionic (Protesica, 2015).....   | 15 |
| Figura 11: Prótesis Hand of Hope (Ciudadano, 2014) .....  | 15 |
| Figura 12: Partes de prótesis de mano y antebrazo (Telos, 2015) .....   | 16 |
| Figura 13: Prototipo de prótesis.....   | 20 |
| Figura 14: Proceso de escaneo de la mano con escáner 3D Sense.....  | 22 |
| Figura 15: Proceso del modelado de cada parte de los dedos .....  | 23 |
| Figura 16: Diseño de cada parte del prototipo: Se muestran los componentes y conjunto de accionamientos que se requieren para la integración de movimientos de los falanges y el meta carpió mediante el mecanismo de eslabones. .... | 25 |
| Figura 17: proceso de impresión 3D .....  | 26 |
| Figura 18: Placa arduino nano 3.0.....  | 27 |
| Figura 19: Prótesis a escala .....  | 28 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1 Alternativas de construcción ..... | 18 |
| Tabla 2. Evaluación de alternativas.....   | 19 |
| Tabla 3: Costo de diseño.....              | 29 |
| Tabla 4: Costo de construcción.....        | 30 |
| Tabla 5: Costo total del proyecto .....    | 30 |
| Tabla 6: Costo total de la prótesis .....  | 31 |

# **Título de la Propuesta Tecnológica: DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO**

## **RESUMEN**

En este trabajo de investigación se pretende presentar un diseño de prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior; con el objetivo proponer un diseño de prótesis biónica que le permita desenvolverse con facilidad en su vida diaria. Para realizar esta investigación se utilizará el diseño cualitativo porque permitirá estudiar la realidad de las personas con falta de su extremidad superior y el cuantitativo porque nos aportará en la toma de decisión al momento de señalar las magnitudes numéricas que puedan ser tratadas mediante la estadística. Esta investigación se la realizará en la ciudad de milagro en la cual se tomará una muestra por conveniencia a personas con falta de su extremidad superior de la población que deseen ser parte de este trabajo investigativo; por lo tanto, el aporte de este trabajo será contribuir con las personas que estén con discapacidad de su extremidad superior de bajos recursos económicos y de esta manera ayudar a mejorar su calidad de vida. Al mismo tiempo, se dejará una brecha para que en un futuro otros investigadores puedan continuar la mejora de la propuesta planteada.

**PALABRAS CLAVE:** Diseño, Prótesis, Flagelación, tecnología.

# **Título de la Propuesta Tecnológica: DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA DE UNA DE SUS EXTREMIDADES SUPERIOR DEL CUERPO**

## **ABSTRACT**

In this research work it is a prototype bionic prosthesis for people with missing upper limb; with the aim of proposing a bionic prosthesis design that allows you to easily unfold in your daily life. To carry out this research, qualitative design can be used to study the reality of people with lack of their upper limb and the quantitative one to contribute in the decision making process for the moment of indicating the numerical magnitudes that can be treated through the statistics. This investigation is based on the city of miracle, in which a sample of convenience is taken, it is about people with lack of their upper extremity of the population that wishes to be part of this investigative work; therefore, the contribution of this work will help you improve your quality of life. At the same time, a gap will be left so that in the future, so that we can improve the improvement of the proposed proposal.

**KEY WORDS:** Design, Prosthesis, Flagellation, technology.

# CAPÍTULO 1

## PROBLEMA

### 1.1 Planteamiento del problema

Mediante un estudio empírico en la ciudad de Milagro a personas con discapacidad de la extremidad superior se pudo constatar, que por falta de las mismas, ellos manifiestan sentirse incapaz de realizar actividades como; no poder escribir, se sienten discriminados por la sociedad, no pueden realizar trabajos específicos con sus manos, además, esta incapacidad posee una reducción de la funcionalidad y coordinación debido a que pierde gran parte de su habilidad para la manipulación y agarre de objetos, por ello, estas personas afirman que si consiguieran usar sus dos manos seguramente pudieran desenvolverse mejor.

Por lo tanto, en este trabajo investigativo se proyecta diseñar un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior, optando por remplazar la extremidad afectada por un dispositivo prostético con niveles de presión baja y alta que se pueden controlar con estrategias tradicionales de control bioeléctrico y prótesis sagaces avanzadas de fácil control y, al mismo tiempo, sea de bajo recurso económicos, de este modo, les permitirán desenvolverse en su vida diaria. Es decir, que en Ecuador existe un 48% de personas con este tipo de discapacidad la cual nosotros tomaremos una muestra para poder realizar nuestro proyecto.

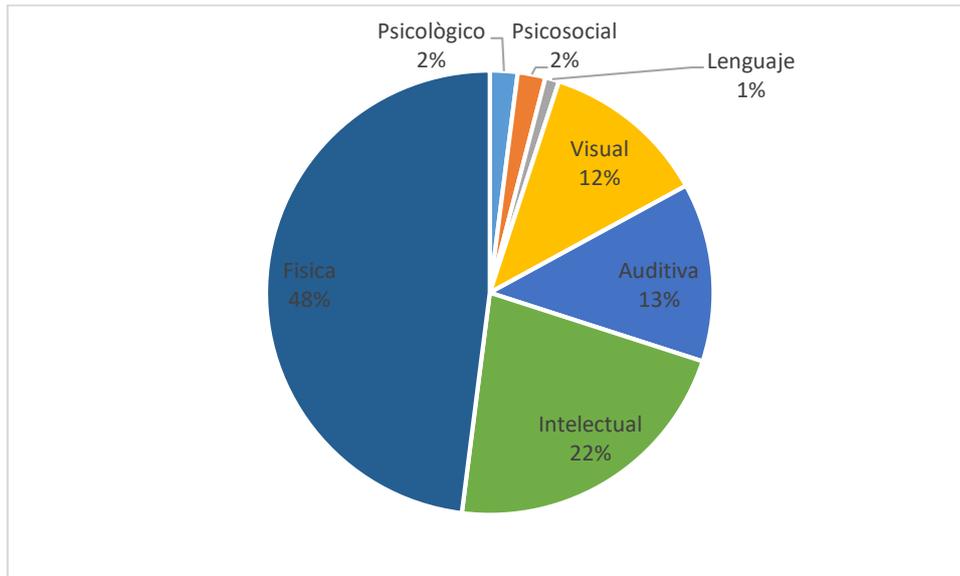


Figura 1: Registro nacional de discapacidades CONADIS, año 2018

## 1.2 Formulación del problema

¿Cómo contribuir con las personas de la ciudad de Milagro que les hace falta la extremidad superior de su cuerpo?

## 1.3 Objetivos de la investigación

### 1.3.1 Objetivo general

- Proponer un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de una de sus extremidades superiores de su cuerpo que le permita desenvolverse con facilidad en su vida diaria, mediante una propuesta tecnológica.

### 1.3.2 Objetivos específicos

- Investigar todo lo relacionado sobre las prótesis biónicas de las extremidades superiores del cuerpo humano.
- Analizar los tipos de prótesis que presenten una mejor comodidad física y tecnológica para el uso de la extremidad superior para una persona.

- Diseñar un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior que le permita desenvolverse en su vida diaria.

#### **1.4 Justificación de la investigación**

Este trabajo de investigación es importante porque favorecerá a la problemática que tengan las personas con falta de las extremidades superiores de su cuerpo, la cual contribuirá con el diseño de un prototipo de prótesis biónica que mejorará la calidad de vida de las personas que participen en la investigación.

El impacto será dar a conocer la propuesta acerca el diseño de un prototipo la misma que les permita a las personas que participen en esta investigación motivarse con la oportunidad de acceder a esta nueva tecnología que cambiara su calidad de vida; debido a esto, los beneficiarios de esta investigación serán todas las personas con falta de sus extremidades superiores que participen de la ciudad de Milagro.

Dentro de este marco, se puede afirmar que este trabajo investigativo es de gran interés porque con el diseño de un prototipo de prótesis biónica para personas con falta de una de sus extremidades superiores de su cuerpo les va permitir desenvolverse con facilidad en su vida y además podrán realizar actividades que les accedan a desarrollar con sus manos.

Por último, su novedad radica en un diseño de prototipo de prótesis biónica para personas con falta de su extremidad superior de su cuerpo, por otra parte, esta propuesta será para personas de bajos recursos económicos que les permitirá acceder a esta tecnología.

#### **1.5 Delimitaciones**

Delimitación geográfica; este trabajo se lo realizará en la ciudad de Milagro con las personas voluntarias que les falten sus extremidades superiores de sus cuerpos, los resultados que se obtengan de la investigación se elaborará un diseño de la prótesis que les permitirá mejorar su calidad de vida.

Delimitación temporal; este trabajo será realizado en el periodo de un año por lo menos, en la ciudad de Milagro con personas voluntarias del sector.

### **1.6 Limitaciones**

Esta investigación a pesar de su gran importancia que es contribuir con el diseño de un prototipo de prótesis para personas con falta de su extremidad superior de su cuerpo podemos encontrar ciertas limitaciones que no nos permita cumplir con el desarrollo a cabalidad del proyecto debido a que los recursos que se necesitan para la elaboración del diseño no podrían ser suficiente para tal fin; por otro lado como la muestra seleccionada es por conveniencia no se tiene un lugar específico tecnológico para elaborar el prototipo, no obstante se debe reafirmar que a pesar de estas limitaciones esta investigación se ha llevado con mucho trabajo pero que se está obteniendo excelentes resultados.

## CAPÍTULO 2

### ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

#### 2.1 ANTECEDENTES

Se han realizado e investigado sobre el desarrollo de prótesis de brazos y manos biónicas en universidades de Suecia y EE.UU., que podrían cambiar la vida de millones de personas que han sufrido amputaciones de su miembro de la parte superior del cuerpo para el proceso de agarre y manipulación de objetos.

Para la elaboración de este proyecto se desarrollaron revisiones de algunos trabajos referentes al tema que estamos investigando, aunque son muchos los estudios encontrados a nivel mundial, a nivel de nuestro país son pocos los trabajos desarrollados lo cual nos indica lo novedoso del tema a tratar y por lo tanto es importante su estudio.

En la búsqueda bibliográfica se encontró un trabajo relacionado con un enfoque integrado para el diseño y desarrollo de un sistema de agarre y manipulación en robótica humanoide; en la que este proyecto hace referente aún diseño mediante sistema de manipulación antropomórfico que está acondicionado con un módulo de coordinación sensorial motorica que a través de un sistema táctil y de visualización que puede ser empleado como una prótesis de mano humana y emprender en un futuro cercano puede ser interpretado por medio de un programa que pueda leer las ondas censorsas del cerebro acoplándolo con la coordinación sensoria motora para que así exista la manipulación de objetos (Dario, 2000).

También se encontró un proyecto referente a un aprendizaje en tele-operación aplicado a los procesos de agarre de objetos, en la cual interpreta un procedimiento de aprendizaje para técnicas de tele operadores aplicándolo para los procesos de agarre, dado como un objetivo de forma alternativa los puntos de agarre, considerando que deben ser calculados automáticamente por el usuario mediante

la tele-operación. No obstante para el desarrollo de proceso de agarre de este proyecto se manipulan pinzas de dos y tres dedos llegando a tener capacidad de agarre independiente de piezas de distintas formas y tamaños (Fernandez, 2002).

Así mismo, se encontró un proyecto basado en diseño y experimentación de un dedo articulado antropomorfo con un grado de libertad, puesto que, se obtuvo como objetivo principal el diseño de un prototipo de dedo robótico con un grado de libertad muy sencillo y económico como maniobra, para así, aprovechar su uso como un modelo para una mano antropomórfica. Por lo tanto, se enfocó más en el diseño del mecanismo que traspasa la potencia entre la entrada motriz y las falanges de un dedo. De manera que este mecanismo alcanzó el agarre de tipo cilíndrico para conseguir las dimensiones que permitan transmitir movimientos antropomórfico similares a una mano humana (Ceccarelli, 2004).

Por otra parte, se encontró un artículo basado en un estudio biomecánico de la mano durante el agarre de herramientas manuales con datos antropométricos preliminares, por consiguiente, este trabajo se realizó con el fin de contrastar los datos obtenidos mediante investigaciones y con los datos de estudios internacionalmente reconocidos usados como referencia a la hora de analizar este trabajo con herramientas manuales antes de contar con estudios propios. Así mismo, se incluyó análisis antropométricos, electromiográficos y dinamométricos de la mano en una población de 200 personas (Mosquera, 2004).

Por otro lado, se analizó un proyecto basado en un diseño y construcción de un prototipo robótico de mano y antebrazo diestro para prótesis, de tal forma que, tomando en cuenta diferentes proyectos realizados tanto en desarrollo como comerciales con el fin de tener como base las diferentes características que poseen, por eso se ha regido en mejorar el diseño tomando diferentes alternativas de calidad para que el usuario se sienta contento en el momento de la implementación (Rios, 2017). Por lo consecuente, se analiza matemáticamente lo necesario para resolver los mecanismos, análisis de esfuerzo y todo lo que puede realizar una mano humana, para así poner a prueba el prototipo.

## **2.2 MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1 Cibernética**

La cibernética obtiene una extensa aceptación en la sociedad y pronto se aplicará a armazones contruidos por el ser humano existentes en ferias, promociones de productos y otras aplicaciones. Aquí se trata de simular movimientos de seres vivos mediante técnicas como el control remoto, incluyendo funciones sensoriales primarias y cosas en común (Ollero, 2006).

Un androide está combinado por un sistema mecánico que manipula las diversas articulaciones que normalmente se distingue entre el brazo y el órgano terminal que puede ser intercambiable, recurriendo a pinzas o mecanismos específicos para poder realizar distintas tareas.

### **2.2.2 Prótesis**

Dispositivo diseñado para poder suplantar una parte carente del cuerpo ya sea esta una extremidad o un órgano, la cual permite hacer que la parte del cuerpo reemplazada trabaje mejor y así darle una forma más cómoda y a gusta a las labores diarias del usuario (L. Vorvick, 2013).

Las prótesis se clasifican comúnmente en dos grupos: estáticas y funcionales, con determinadas funciones y dependiendo a esto puede variar el costo, la cual se las detallara a continuación:

#### **2.2.2.1 Estáticas**

Son dispositivos diseñados lo más probablemente posible a una extremidad humana real, pero no cumplen ninguna función. Solamente procuran dar una mejor apariencia estética al ser humano o a quien la utilice, elaborados normalmente de silicona o de polivinilo colorado (PVC) la cual tiene a apariencia a uno real.

En la elaboración del diseño se consideran algunas características como la resistencia a las manchas, color idéntico al tono de piel, flexibilidad, resistencia a temperaturas altas y ambientales, y lo más importante que no produzca reacciones molestas en la piel a quien lo valla a utilizar (L. Vorvick, 2013).

Las ortopedias de PVC poseen mejor resistencia que las de silicona y con menor costo, inferior a los tres mil dólares. Como se muestra en la figura 2.



*Figura 2: Prótesis estáticas (amputados, 2011)*

### **2.2.2.2 Funcional**

Estos dispositivos además de cumplir una función estática, son capaces de intentar una simulación de movimiento de la parte del cuerpo que son reemplazadas. Este molde permite recuperar la movilidad de la parte del cuerpo que es reemplazada en un cierto porcentaje. Pero existe un gran inconveniente con estos moldes es que tienen un elevado costo y se pueden clasificar en: prótesis eléctricas, mecánicas, mioeléctricas e híbridas. Como se demuestra en la figura 3.



*Figura 3: Prótesis funcional (London, 2016)*

## **Eléctricas**

Según la necesidad de la persona estos moldes usan motores eléctricos para el movimiento de la articulación con una batería recargable. Se controla de diferentes formas, sea mediante control con alimentación, con pulsador o botón con interruptor de arnés, es decir que se puede combinar para una mejor funcionalidad. La desventaja que tiene es que hay que tener cuidado de no exponerlos a medios húmedos o mayor peso. Como se detalla en la figura 4.



*Figura 4: Prótesis eléctrica (fisioterapia, 2013)*

## **Mecánicas**

Son dispositivos diseñados con mecanismos de apertura y cierre mediante cables y cintas de sujeción ensamblados al cuerpo que se traccionan por un movimiento de otra parte del cuerpo. Tiene limitaciones de movimiento, es decir que necesita

energía propia de otra parte del cuerpo para que genere tensión y funcione. Como se observa en la figura 5.

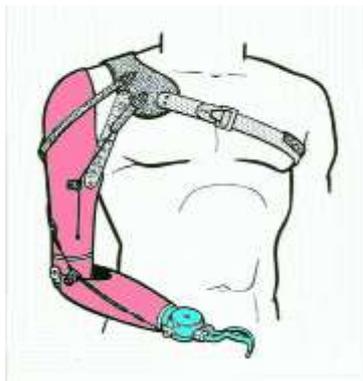


Figura 5: Prótesis mecánica. (G., 2005)

## Mioeléctricas

Estas ortopedias son una de las mejoras que se viene formando de las anteriormente mencionadas, expresan un mejor aspecto estético, posee gran fuerza y velocidad de prensión, así como muchas combinaciones, es decir, que su control se asemeja al movimiento que realiza el musculo del cuerpo que se contrae o flexiona, produciendo una pequeña señal eléctrica que es creada por la interacción química en el cuerpo (history, 2016).

La ventaja es que solicita que el usuario flexione sus músculos para poder ser operado, a diferencias de las que requieren del movimiento general del cuerpo. Su desventaja es que pretende de mantenimiento por lo que posee baterías y motores eléctricos. Como se muestra en la figura 6.

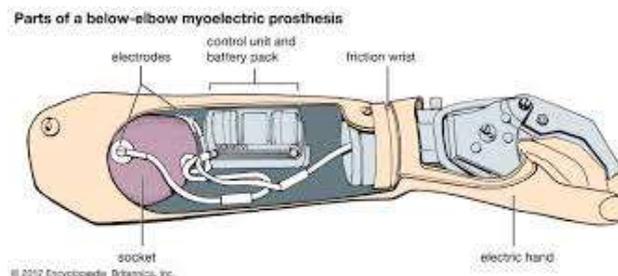


Figura 6: Prótesis mioeléctricas (G., 2005)

## Híbridas

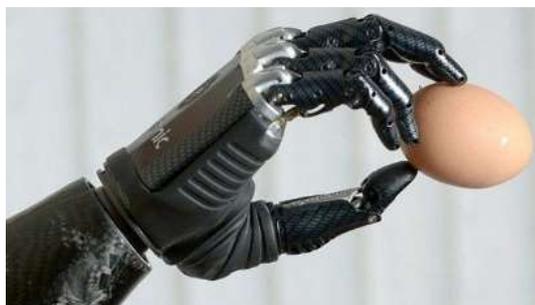
Estos dispositivos combinan la acción del cuerpo con el accionamiento por medio de electricidad en una sola pieza, sirviéndole a personas que tienen amputaciones o diferencias transhumerales, es decir amputaciones en diferentes sectores del brazo, la cual se utiliza con frecuencia un codo accionado por el cuerpo y un dispositivo controlador en forma mioeléctrica. Como se muestra en la figura 7.



*Figura 7: Prótesis híbrida (G., 2005)*

## Biónicas

Estos dispositivos son especiales por que se comportan de manera real ante la parte del cuerpo remplazada, es decir que son capaces de sentir ya que se conectan con las terminaciones nerviosas de la persona y puede controlarse con la mente, son integradas al cuerpo e incluso devuelven esa sensación de la extremidad real a la persona. Como se muestra en la figura 8.



*Figura 8: Prótesis biónica (history, 2016)*

### **2.2.3 Prótesis comerciales**

Existen algunos dispositivos de mano ya en el mercado actualmente, la cual se las detalla a continuación:

#### **Michelangelo**

Este dispositivo realiza funciones de una mano natural de acuerdo con sus diferentes opciones de agarre, además se ajusta y controla la fuerza que se requiere para sujetar un objeto pesado o ligero.

“Posee un peso ligero maso menos de 400 gr., está hecho para soportar temperaturas altas y bajas, posee un voltaje para operar de 12 voltios, la velocidad de abrir y cerrar la mano es de 425 mm/s, con conexión bluetooth para configurar los patrones desde el computador y además posee un control independiente” (ottobock, 2014). Como se muestra en la figura 9.



*Figura 9: Prótesis Michelangelo (L. Giuseppe, 2010)*

#### **Bebionic**

Este dispositivo fue hecho por Stepper RS, la cual posee un diseño de actuadores lineales DC independientes, los dedos, diferentes tipos de detención, control de velocidad para posición de cada dedo, ajuste de fuerza y velocidad en caso de que

el objeto se resbale y su económico costo (Bebionic, 2016). Como se muestra en la figura 10.



*Figura 10: Prótesis BeBionic (Protesica, 2015)*

#### **2.2.4 Prótesis realizada en Ecuador**

De tantos proyectos realizados en el Ecuador el prototipo Hand of Hope considerado como idóneo para el uso del mismo, ganó el primer premio Nacional Proyecto Multimedia Ecuador 2014, referente a sus inventores, Cristian Ramírez y Verónica Barros de la Universidad de Loja, se controla por señales musculares y para lograr que el proyecto funcione se crearon tres modelos diferentes. Este proyecto fue presentado al vicepresidente de la república y fue basado en open hardware y software, su control se realiza en base a señales mioeléctricas generadas por el musculo del brazo. Mediante el proceso de su elaboración recibieron accesorias y disponibilidad de algunos componentes e instrumentos (Ciudadano, 2014). Como se ve en la figura 11.



*Figura 11: Prótesis Hand of Hope (Ciudadano, 2014)*

### 2.2.5 Funcionamiento

Si el tipo de prótesis que es utilizado por el usuario es funcional deberá tener mucha precaución porque estos dispositivos constan de partes que necesita de una fuente de alimentación para que el sistema eléctrico se energice y funcione. Es decir que, se ejecutan mecanismos de movimiento para cada dedo la cual hay actuadores transmiten un movimiento semejante a los dedos humanos. Todo esto es controlado mediante sensores que reciben señales de un controlador. Como se señala en la figura 12 algunas partes de la prótesis.



*Figura 12: Partes de prótesis de mano y antebrazo (Telos, 2015)*

## **CAPÍTULO 3**

### **ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN**

#### **3.1 Desarrollo mediante la función de calidad**

En la elaboración de este prototipo se realiza por medio de la casa de calidad que permite efectuar una planificación sobre el producto a elaborar mediante una matriz en la que se traslada las demandas de los clientes en características técnicas del producto, es decir, lo que dice el usuario y lo que dice el ingeniero. A continuación, se detalla las demandas y características técnicas mencionadas anteriormente, que debe cumplir el prototipo:

##### **3.1.1 Voz del cliente o usuario**

Todo lo que nos dice el cliente prácticamente son demandas, es decir requerimientos y deseos, las cuales son obtenidas de prótesis comerciales y se diseñan de acuerdo a necesidades de ellos y revisadas por un protesista de una fundación o doctor que esté capacitado en este tema, los requerimientos más comunes que pides son los siguientes:

- La prótesis debe tener la apariencia a una mano humana.
- La velocidad de los dedos debe ser similares a los reales de una mano.
- Su peso debe ser similar a la extremidad perdida.
- Debe encajar fácilmente con el encaje del antebrazo.
- Tener capacidad de sujetar objetos de uso común.
- Que no genere ruidos molestos.
- Que los dedos tengan cierta resistencia hacia el agua.

##### **3.1.2 Voz del ingeniero o desarrollador**

Aquí se describen los requerimientos técnicos que se deben articular para satisfacer las necesidades de los clientes o usuarios.

Con las demandas de los clientes detallados anteriormente se obtienen las siguientes especificaciones técnicas, la cual nos servirán para el diseño del prototipo:

- Tiempo de mover los dedos (abrir y cerrar).
- Dimensiones.
- Masa del prototipo.
- Fuerza de agarre.
- Decibelios del prototipo en operación.
- Grado de protección IP.

Prácticamente en el proceso de desarrollo del prototipo se ha tomado como referencia dos prototipos comerciales que son i-lim y Bebionic, debido a que tienen mayor fuerza en el mercado y se puede encontrar información técnica relevante a la misma. Las prótesis mencionadas se asemejan mucho más a una mano humana, por eso con la prótesis que se va a diseñar se pretende acercarse en lo más posible a dichas características ya que al hacerse comercial y de marca reconocida los clientes van a preferir una prótesis que cumplan dichas especificaciones.

### 3.3 Generación de alternativas

En el desarrollo de este proyecto se generan alternativas para la obtención de la prótesis ergonómica de la mano, contempladas con las tecnologías que están al alcance de uno en nuestro país.

Tabla 1 Alternativas de construcción

| Objetivos                   | Alternativas                                    |
|-----------------------------|---|
| Obtención de medidas        | Toma de medidas mediante vernier digital        |
|                             | Obtención de medidas a través de moldes de yeso |
|                             | Escaneo en 3D                                   |
| Modelado de la prótesis     | Modelado mediante Netfabb                       |
|                             | Modelado digital mediante Blender               |
|                             | Modelado digital mediante Solid Works           |
| Construcción de la prótesis | Construcción de falanges de manera artesanal    |

Las alternativas que se van a presentar requieren especialización en el tema o a su vez poseer un nivel de conocimiento y destreza necesario para poder emplear su desarrollo, motivo por el cual se podría ampliar el equipo de trabajo o el tiempo de desarrollo del proyecto, por ello se plantea una evaluación de alternativas del mismo.

### 3.4 Evaluación de alternativas

Para poder realizar una buena evaluación de las alternativas expuesta anteriormente se requiere determinar qué grado de complejidad se presenta durante el proceso de desarrollo del proyecto debido de que a mayor grado de complejidad mayor sería el tiempo que se requiere para su desarrollo, la cual el análisis de esta evaluación se presenta a continuación en la tabla:

Tabla 2. Evaluación de alternativas

| Alternativas   | Nivel de complejidad |       |      |
|--|----------------------|-------|------|
|  | Alto                 | Medio | Bajo |
| Toma de medidas mediante Vernier Digital                         | X                    |       |      |
| Obtención de medidas a través de moldes de yeso                  | X                    |       |      |
| Escaneo 3D   |                      | X     |      |
| Modelado mediante Netfabb  | X                    |       |      |
| Modelado digital mediante Blender                                | X                    |       |      |
| Modelado digital mediante Solid Works                            |                      | X     |      |
| Construcción de falanges de manera artesanal                     | X                    |       |      |
| Construcción de secciones a través de resinas vertidas en moldes | X                    |       |      |
| Construcción de falanges mediante impresión 3D                   |                      | X     |      |

El proceso de construcción de nuestro prototipo se la realizara a través de técnicas de escaneo modernas, modelado e impresión en 3D, es decir, son las soluciones más factibles puesto que no se requiere de la asesoría o inmersiones de personas externas durante el desarrollo del prototipo y además son las más accesibles y no

se requiere de grandes insumos para pruebas y errores y no generan retrasos o inconvenientes para el diseño y construcción de la prótesis.

### **3.5 Detalles de mejora**

Existen más posibilidades de mejora continua, los detalles del prototipo realizando pruebas de impresión con diferentes configuraciones de velocidad, resolución, espesor de capas, posicionamiento de componentes y análisis detallado de colores y presentación de acabados con diferencia de colores, son algunas de las mejoras que se le puede realizar por el momento, pero con el pasar del tiempo se puede seguir haciéndola mucho más económica y adaptable al cuerpo.



*Figura 13: Prototipo de prótesis*

## **CAPÍTULO 4**

### **DESARROLLO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

#### **4.1 Proceso de desarrollo**

En el proceso de desarrollo de esta propuesta se ha tomado en cuenta mucha información de otros documentos y proyectos realizados anteriormente, para poder llevar a cabo la construcción del prototipo de la prótesis, en primer lugar, se ha tomado en cuenta a la prótesis Bebionic, pero con un acontecimiento de no tomar en cuenta los sensores de presión, considerando todos los componentes eléctricos agregándole una placa arduino, motores de movimiento y con sensor neuronal para que, por medio de pulsaciones del cerebro le den movimiento a los dedos de la prótesis; hay que tomar en cuenta el lugar y las herramientas necesarias que estén a nuestro alcance y estatus económico, porque en si la construcción de este prototipo debe estar al alcance económico de las personas quienes vallan a darle uso.

Hay que tomar en cuenta las herramientas a utilizar y el lugar donde se lo va hacer, es decir que hay que considerar si el lugar en la que se vaya a realizar el proyecto esté acorde y equipado totalmente con herramientas que se vaya a utilizar; de modo que se necesitara la ayuda de una persona que este con la falte de una de sus extremidades superiores para poder realizar el estudio a fondo del funcionamiento y el modo de utilización en la que se vaya a tomar nuestra prótesis así dándole una mejor solución y que se sienta a gusto la persona en su vida diaria.

#### **4.2 Proceso del diseño mediante el escaneo de la mano**

Para poder realizar este proceso de diseño de la mano hemos tomado en cuenta el escaneo en 3D porque son capaces de recoger muestras de la geometría de un objeto, en este caso de la mano a escanear, para así generar el modelo tridimensional de la mano y además la mayoría de prótesis en la actualidad se las realizan mediante este tipo de escaneo considerando que el material que se utiliza

es el termoplástico PLA (asido poli láctico ), además tomado en cuenta como herramienta el escáner 3D Sense que su procedencia es norteamericana la misma que tiene un sistema operativo compatible de Windows 8 o posterior, un volumen para escaneo mínimo de 0.2m x 0.2m x 0.2m y máximo de 2m x 2m x 2m, lo cual se refiere al tamaño de los objetos que puede capturar del escáner y esto una de las razones por las cuales se lo escogió porque se puede realizar escaneo sea de una mano adulta o de un infante.

Este escaneo se requiere de la coordinación y precisión en su ejecución para lograr un buen resultado ya que el tamaño de la misma depende de la cantidad de detalles que integran dificultad en su procedimiento, por eso hay que ejecutar varias veces el proceso. Como se desarrolla en la figura 14.



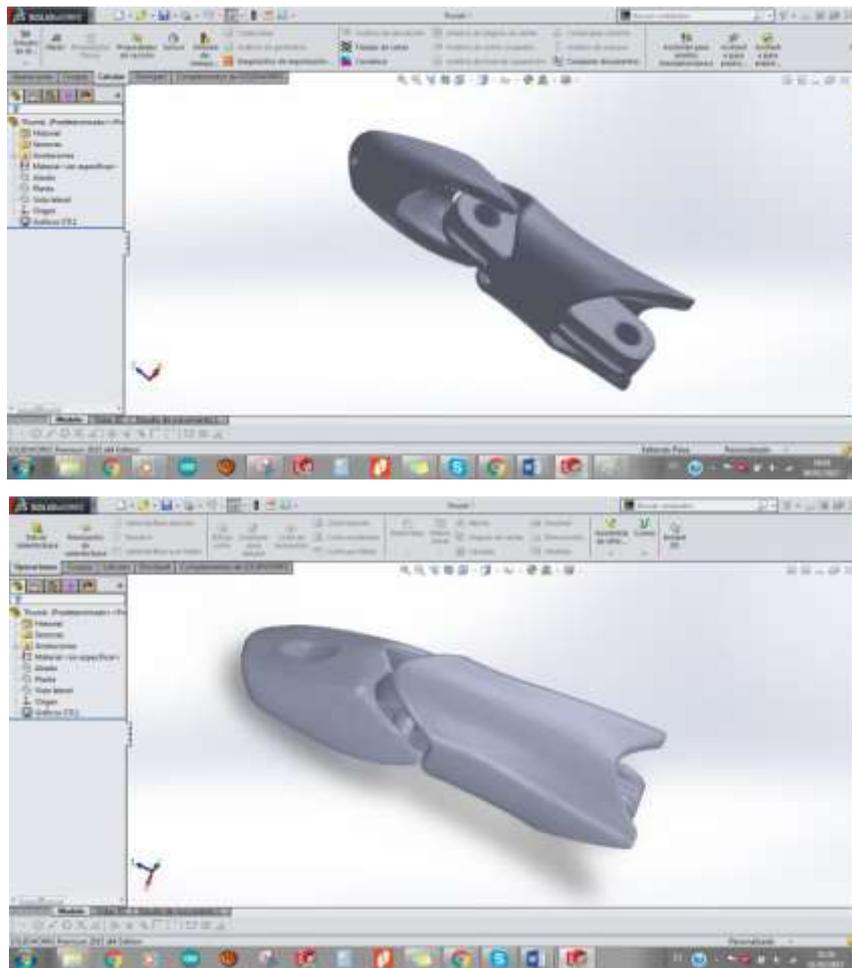
*Figura 14: Proceso de escaneo de la mano con escáner 3D Sense*

### **4.3 Proceso del diseño ejecutando el modelado en 3D**

Una vez realizado el escaneo de la mano cómo se detalla anteriormente se procede a ejecutar el proceso de modelado, es decir, que además del escáner a utilizar necesitamos la asistencia de una computadora con el programa de diseño Solid Works, la cual, nos permitirá realizar el modelado mecánico de cada una de las piezas que forman parte de la prótesis. Este programa es referencia de las nuevas técnicas de modelado que se analizan y desarrollan en la actualidad para tener una forma más práctica y económica de realizar procesos de escaneo, es decir, que se

lo caracteriza como un diseño asistido por computadora traspasando la idea mental del diseñador a lo virtual.

Por lo consecuente, fue necesario contemplar los movimientos que ejecutan cada uno de los dedos y sus grados de acción con el fin de obtener una prótesis semejante al movimiento de retracción y contracción de los dedos de una mano humana.



*Figura 15: Proceso del modelado de cada parte de los dedos*

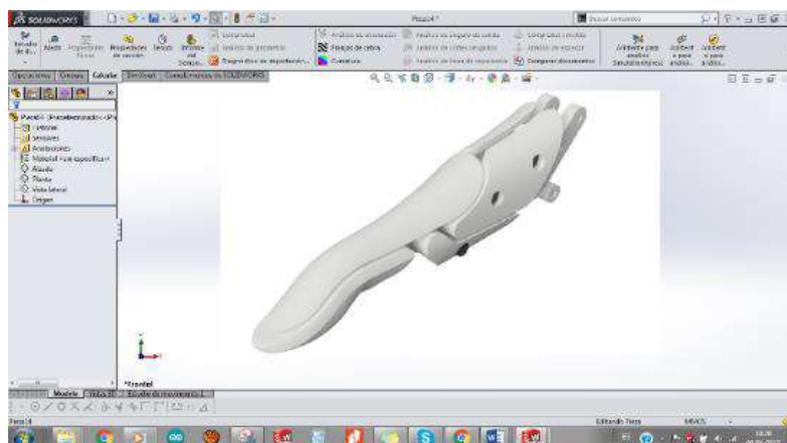
#### **4.4 Proceso del diseño del prototipo**

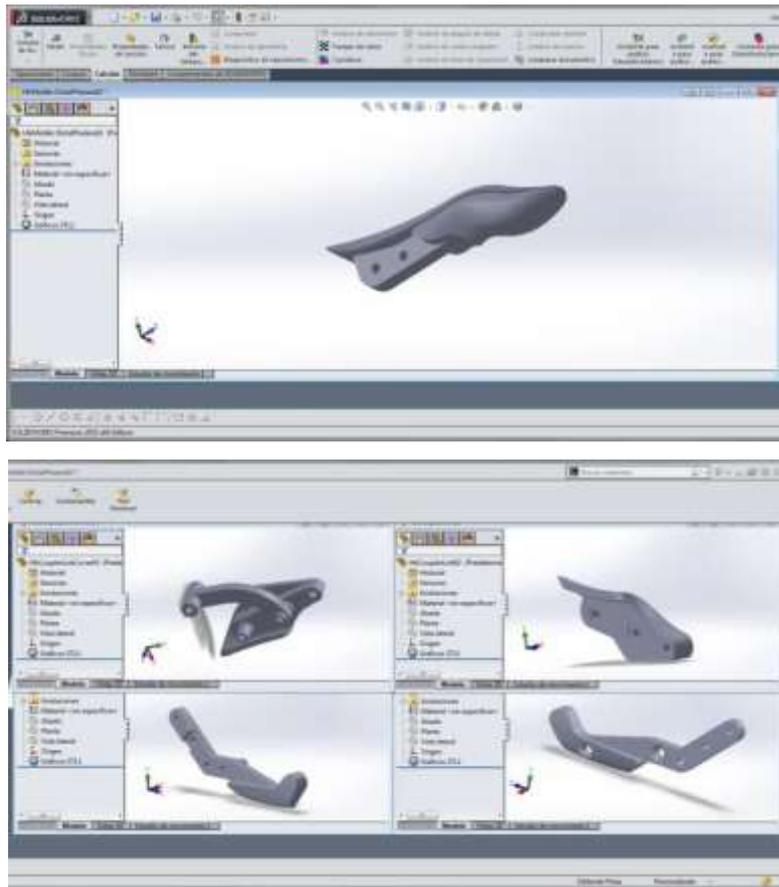
Una vez analizado el proceso de escaneo y modelado de la mano en 3D procedemos con el diseño de la prótesis, analizando los movimientos de los dedos, los tipos de agarre y función que vaya a realizar la prótesis sin haber ningún

inconveniente se procede a realizar el modelo de los eslabones, es decir los dedos, el mismo que integra gran cantidad de piezas para que en cada parte de la división de los dedos tengan su libertad de realizar el movimiento de cerrar y abrir la mano.

Con referencia al diseño del prototipo se complementará con unos tensores, es decir, empleando una sección de hilo nylon que imitaran la acción de los tendones y una de hilo elástico facilitando la extensión y retracción de los dedos a la posición de origen con el fin de obtener como objetivo principal la contención de objetos de cualquier tamaño y de formas diferente igual a la mano humana.

Por consecuente, procedemos a ensamblar cada parte de los dedos con el hilo elástico integrado para que tengan sus movimientos, en la parte del cuerpo de la mano agregamos los servomotores asegurándonos de que los cables estén cómodamente sin que se dañen y evitando que la mano del prototipo se rompa y funcione con normalidad. Una vez ubicado los sensores, servomotores, baterías y placa arduino en el lugar destinado, procedemos a rosear en los dedos del prototipo espuma adherente para poder tener un agarre del objeto con éxito y evitar que se resbale, una vez ensamblado todas las piezas se procede a realizar las pruebas de funcionamiento.



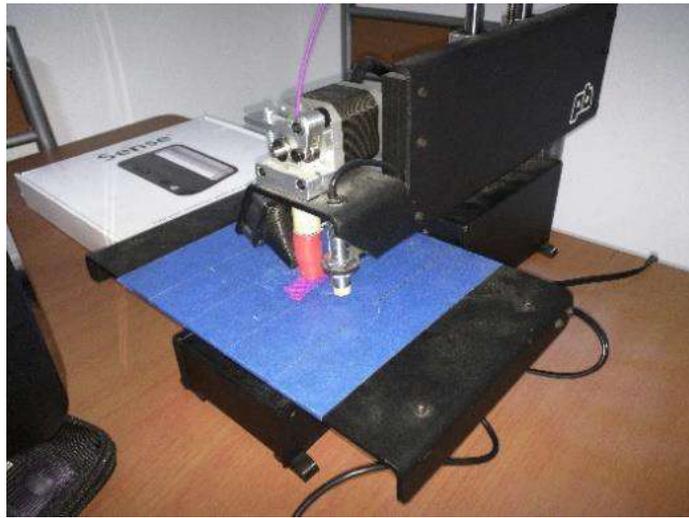
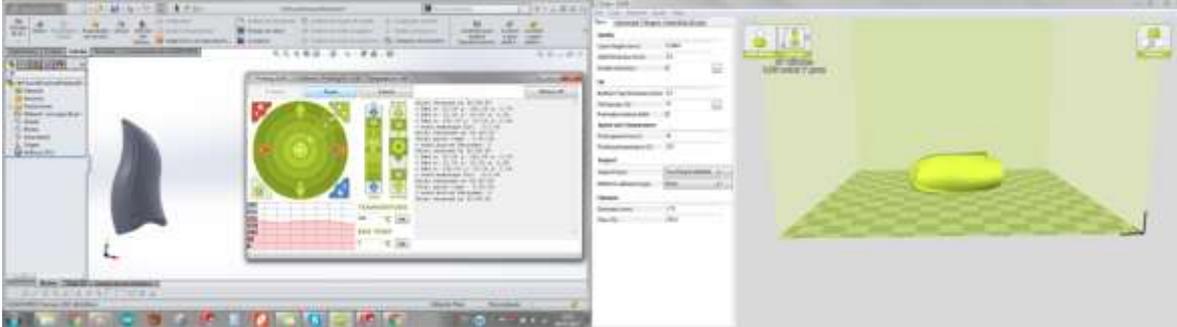


*Figura 16: Diseño de cada parte del prototipo: Se muestran los componentes y conjunto de accionamientos que se requieren para la integración de movimientos de los falanges y el meta carpió mediante el mecanismo de eslabones.*

#### **4.5 Proceso de impresión 3D**

A continuación, una vez escaneado y modelado de la mano humana procedemos a la impresión de la mano para poder iniciar el proceso de ensamblaje de nuestro prototipo. Por lo consecuente, a través de la impresión 3D print bot simple y utilizando el plástico PLA, cargamos todo el diseño de nuestra mano que hicimos anteriormente a nuestro software de diseño Cura, este software transportará la imagen escaneada de cada parte de la mano a un conjunto de coordenadas en 3D que será el lenguaje de programación llamado código G, es decir, se trasladara la localización exacta de cada punto donde se posicionara el plástico en diferentes capas intercaladas desplazándose sobres sus ejes varias veces hasta obtener el

objeto modelado sólido y así poder seguir con el ensamblaje de cada parte de la prótesis.



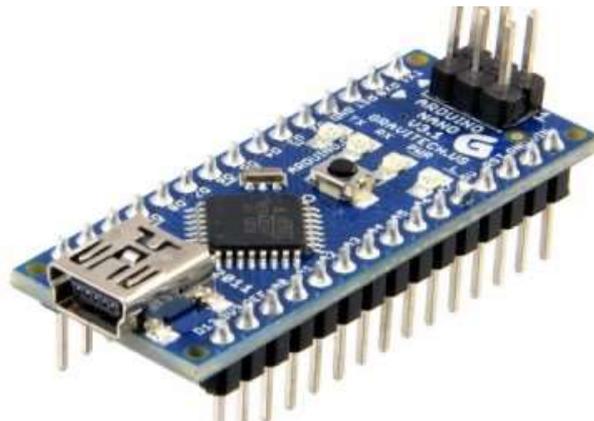
*Figura 17: proceso de impresión 3D*

#### **4.6 Utilización de placa Arduino Nano V3**

Esta herramienta es una pequeña y completa placa basada en ATmega328 (arduino nano 3.0) o el ATmega168 que se la usa conectándola a un protoboard, con la funcionalidad igual al arduino duemilanove, pero con una pequeña presentación diferente, no posee conector para alimentación externa y funciona con un cable USB Mini-By además más características como las que se mencionan a continuación:

- Tensión de operación (nivel lógico): 5 V
- Tensión de entrada (recomendado): 7 – 12 V

- Tensión de entrada (límites): 6 – 20V
- Pines E/S digitales: 14 (de los cuales 6 proveen de salida PWM)
- Entradas analógicas: 8 corriente máx. por cada PIN de E/S: 40 mA
- Memoria flash: 32 KB (ATmega328) la cual 2KB son usados por el bootloader (16 KB – Atmega168)
- SRAM: 2KB (ATmega328) (1KB ATmega168)
- EEPROM: 1KB (ATmega328) (512 bytes – Atmega168)
- Frecuencia de reloj: 16 MH
- Dimensiones: 18,5 mm x 43,2 mm



*Figura 18: Placa arduino nano 3.0*

#### **4.7 Verificación de su funcionamiento**

Una vez realizado el escaneo, modelado, impresión en 3D y ensamble de todas las piezas en la mano del prototipo impreso procedemos a verificar su funcionamiento, a ver los procesos de agarre y todo lo demás se le definirá colores y formas de acuerdo al gusto de la persona determinando que el accionamiento electrónico de prueba sea factible o no, así mismo verificar si los componentes electrónicos permiten su control no tengan ningún fallo.



*Figura 19:* Prótesis a escala

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

#### 5.1 Presupuesto de la propuesta tecnológica

En las siguientes tablas se demostrará los gastos de diseño y construcción compuestos en la ejecución del proyecto, el estudio del presupuesto es un factor importante y necesario la cual permite detallar el costo real para el diseño y la construcción de la prótesis ergonómica de la mano, una vez terminada la construcción se detallan con exactitud los recursos económicos empleados en materiales, maquinas, equipos y diseño:

#### 5.2 Costo del diseño de la prótesis

A continuación, se detallarán los costos relacionados a los diseños de la prótesis acorde el tiempo y numero de propuestas de diseño, así como también el costo de cada uno de los equipos:

Tabla 3: Costo de diseño

| Nº           | DETALLE                             | Cant. | V. Uni<br>USD | Cant.<br>Hrs. | V. Total<br>USD |
|--------------|-------------------------------------|-------|---------------|---------------|-----------------|
| 1            | Scanner 3D Sense + Software         | 1     | 870           | N/A           | 870             |
| 2            | Software Solid Woks                 | 1     | 350           | N/A           | 350             |
| 3            | Trípode Vivitar                     | 1     | 30            | N/A           | 30              |
| 4            | Escaneo 3D de manos                 | 5     | 10            | 4             | 50              |
| 5            | Software Cura impresión 3D          | 1     | 0             | N/A           | 0               |
| 6            | Diseño de Prótesis y sus accesorios | 1     | 8             | 80            | 640             |
| 7            | Programación Arduino                | 1     | 10            | 1             | 10              |
| <i>TOTAL</i> |                                     |       |               |               | \$ 1950         |

### 5.3 Costo de construcción de la prótesis

A continuación, se detallarán los costos relacionados a la construcción de la prótesis y de los equipos requeridos para la construcción:

Tabla 4: Costo de construcción

| Nº           | DETALLE                                       | Cant | V. Uni<br>USD | Cant<br>Hrs. | V. Total<br>USD |
|--------------|---|------|---------------|--------------|-----------------|
| 1            | Impresora 3D Printbot Simple Metal            | 1    | 850           | N/A          | 850             |
| 2            | Kilogramo de plástico PLA diámetro 1.75mm     | 1    | 60            | N/A          | 60              |
| 3            | Arduino Nano + cableado + programación        | 1    | 45            | N/A          | 50              |
| 4            | Batería de 4,8 v NIH 2200mAh                  | 1    | 20            | N/A          | 20              |
| 5            | Nano servo spectrum                           | 1    | 45            | N/A          | 45              |
| 6            | Cargador nivelador de batería y accesorios    | 1    | 50            | N/A          | 50              |
| 7            | Impresión 3D de mano                          | 3    | 40            | 30           | 120             |
| 8            | Impresión 3D de modelos de prótesis           | 3    | 20            | 12           | 60              |
| 9            | Impresión 3D carcazas de conjuntos de control | 2    | 30            | 4            | 120             |
| 10           | Ensamble de prótesis                          | 3    | 10            | 2            | 30              |
| <i>TOTAL</i> |   |      |               |              | \$ 1400         |

### 5.4 Costo total del proyecto

A continuación, se detallarán los costos relacionados al diseño y la construcción de la prótesis:

Tabla 5: Costo total del proyecto

| Nº               | DETALLE                               | Valor en USD. |
|------------------|---------------------------------------|---------------|
| 1                | Costo del diseño de la prótesis       | 1950          |
| 2                | Costo por construcción de la prótesis | 1400          |
| <i>TOTAL USD</i> |                                       | \$ 3350       |

## 5.5 Costo de la prótesis

El costo por el desarrollo de la prótesis es sumamente bajo ya que se implementaron en las tablas los equipos, herramienta, materiales y software las que serán empleadas en el desarrollo de varias prótesis y el diseño de ser el caso se podría emplear en personas de diferentes edades tan solo ajustando las medidas de las o la mano del usuario:

Tabla 6: Costo total de la prótesis

| <i>Nº</i> | <b>DETALLE</b>                                | <b>Valor en USD</b> |
|-----------|---|---------------------|
| 1         | Escaneo 3D de manos                           | 50                  |
| 2         | Diseño de prótesis y accesorios               | 40                  |
| 3         | Programación arduino                          | 10                  |
| 4         | Arduino nano + cableado + programación        | 45                  |
| 5         | Batería 4.8 v NIH 2200mAh                     | 20                  |
| 6         | Impresión 3D de modelos de prótesis           | 20                  |
| 7         | Impresión 3D carcazas de conjuntos de control | 30                  |
| 8         | Ensamble de prótesis                          | 10                  |
|           | <b>TOTAL</b>                                  | <b>\$ 225</b>       |

## CONCLUSIONES

- La elaboración de este proyecto de investigación producto de carácter multidisciplinario ya que se aplica en diferentes áreas de ingeniería como son el análisis de mecanismos, cálculo de resistencia de materiales, selección de materiales acorde al presupuesto y características de diseño, dimensionamiento de la estructura acorde a limitaciones de una mano real, diseño electrónico en base al requerimiento del prototipo tanto de actuadores y sensores.
- Para obtener la determinación de las dimensiones de la mano con el escáner Sense 3D se necesita que la persona esté completamente estática por unos momentos para la obtención de los archivos digitales de sus manos, en vista de que el software del escáner entrega una imagen 3D para así proceder con la impresión de cada una de las piezas de la mano y proceder con su ensamble.
- La confección del prototipo en base a impresión 3D se pretende saber de un cierto grado de comprensión sobre el tema se vuelve sencilla a disposición que se comprende los parámetros de velocidad de impresión y temperatura del plástico empleado, la escala del prototipo de acuerdo al tamaño de la persona ya que el software de impresión tiene alternativas para eso.

## RECOMENDACIONES

- Durante el desarrollo del cuerpo de la mano se deberá mejorar la resistencia de su estructura debido a que puede sufrir caídas y pueda que se rompa especialmente donde se articulan los dedos. Además, que impida el ingreso del agua a los componentes electrónicos ya que es común que sea expuesta a condiciones de humedad.
- Para cada dedo es importante darle un grado más de movilidad con el que pueda realizar movimientos de flexión y extensión. A pesar de que el tiempo continúe el avance de la tecnología será constante y rápido por eso es conveniente buscar componentes que estén a gusto con el usuario para estimular el uso de la prótesis.
- Elaborar el diseño de la prótesis en el programa de Solid Works de tal forma que cada uno de los componentes pueda ser escalado de una manera muy sencilla, contemplando la diferencia de edad de la persona y los mecanismos queden en el prototipo, es decir diseñar diferente tamaño de prototipo para personas con diferencia de edades.

## ANEXOS

Imágenes de la maqueta del prototipo de prótesis de cómo quedaría la mano de este proyecto:





## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Referencias

- amputados, c. d. (2011). *Amputee coaliton*. Obtenido de <https://www.amputee-coalition.org/limb-loss-resource-center/spanish/>
- Banks, J. (2001). Anthropomorphic robotic finger platform base on shape memory alloy.
- Bebionic. (2016). *Rasgos del Bebionic*. Obtenido de [http://es.bebionic.com/the\\_hand/features](http://es.bebionic.com/the_hand/features)
- Biagiotti, L. y. (2003). New directions on robotic hands desing for space applications.
- Ceccarelli, M. y. (2004). Diseño y experimentacion de un dedo articulo antropomorfo con un grado de libertad.
- Ciudadano, E. (2014). *El Ciudadano*. Obtenido de Una mano de esperanza para la discapacidad : <http://www.elciudadano.gob.ec/una-mano-de-esperanza-para-la-discapacidad>
- Dario, P. y. (2000). Un enfoque integrado para el diseño y desarrollo de un sistema de agarre y manipulacion en robotica humanoide .
- Fernandez, C. o. (2002). Aprendizaje en teleoperacion. Aplicacion a los proesos de agarre de objetos.
- fisioterapia. (2013). *fisioterapia*. Obtenido de <http://fisioterapia.blogspot.com/2013/02/las-protesis-mioelectricas.html>
- G., D. C. (2005). *arcesw*. Obtenido de <http://www.arcesw.com/pms1.htm>
- Garcia-Cordova, F. y. (1999). *Diseño mecatrónico de un dedo antropomorfo*.
- history. (2016). *history*. Obtenido de <https://mx.tuhistory.com/noticias/protesis-bionicas-que-permiten-volver-sentir>
- L. Giuseppe. (2010). *The study of the Electromyographic Signal for the Control of aProsthetic Hand*”, *Master’s Degree, Dept. Artificial Intelligence and Robotics*,. Italia: Milano.
- L. Vorvick. (2013). *Protesis*. University of Maryland Medical Center.
- London, e. I. (2016). *EFE digital*. Obtenido de <https://www.efefuturo.com/tecnologia/brazo-protésico-medula-espinal/>
- Mosquera, L. y. (2004). Estudio biomecanico de la mano durante el agarre de herramientas manuales: Datos antropometricos preliminares .
- Ollero, A. (2006). *Robotica, manipuladores y robots moviles*.
- ottobock. (2014). *Protesis de mano Michelangelo*. Obtenido de <http://www.ottobock.es/protésica/miembro-superior/sistemas-de-brazo-ymano/>
- Protesica. (2015). *Mano Electrica Bebionic*. Obtenido de <http://protésica.com.co/portfolio-item/mano-electronica-bebionic-3/>

Rios, O. V. (2017). Diseño y contruccion de un prototipo robotico de mano y antebrazo diestro para protesis.

Telos. (2015). *Telos*. Obtenido de <https://telos.fundaciontelefonica.com/>

## Urkund Analysis Result

Analysed Document: AGUIRRE-ALVARIO\_1.docx (D50122559)  
Submitted: 4/3/2019 4:06:00 PM  
Submitted By: dmendozac2@unemi.edu.ec  
Significance: 1 %

### Sources included in the report:

AGUIRRE-ALVARIO.docx (D48505026)  
TESIS\_3.pdf (D29510181)

### Instances where selected sources appear:

2



## REGISTRO DE ACOMPAÑAMIENTOS

Inicio: 05-11-2018 Fin 30-04-2019

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERIA

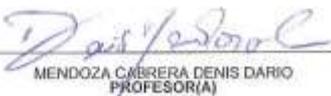
CARRERA: INGENIERÍA EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Línea de investigación: DESARROLLO DE SOFTWARE, SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN.

TEMA: DISEÑO DE PROTOTIPO DE PRÓTESIS BIÓNICA PARA PERSONAS CON FALTA DE UN MIEMBRO EN SU CUERPO

ACOMPAÑANTE: MENDOZA CABRERA DENIS DARIO

| Nº | FECHA      | HORA               |                 | Nº HORAS | DETALLE  |
|----|------------|--------------------|-----------------|----------|--|
| 1  | 2018-28-11 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | PRESENTACIÓN DE TEMA, DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA, ALCANCE Y CONTEXTO DE BÚSQUEDAS |
| 2  | 2018-12-12 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | CONSULTA DE INFORMACIÓN EN BASES DE DATOS Y/O ESTRATEGIAS DE BÚSQUEDAS           |
| 3  | 2019-04-01 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | CONSTRUCCIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL MARCO TEÓRICO                                     |
| 4  | 2019-09-01 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | GENERACIÓN Y ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN                                |
| 5  | 2018-05-12 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | CONTENIDO, AJUSTES/MODIFICACIÓN DE OBJETIVOS ESPECÍFICOS                         |
| 6  | 2019-16-01 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | REVISIÓN Y CORRECCIÓN DE AVANCES   |
| 7  | 2019-23-01 | Inicio: 16:00 p.m. | Fin: 18:00 p.m. | 2        | DESARROLLO DE LA PROPUESTA, LINEAMIENTOS PROPUESTOS, ANÁLISIS TÉCNICO ECONÓMICO  |

  
MENDOZA CABRERA DENIS DARIO  
PROFESOR(A)

  
REA SANCHEZ VICTOR HUGO  
DIRECTOR(A)

# TUTORIAS

