



Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Ingeniería Electrónica

Residencia profesional

Reporte de Residencia profesional

Diseño e implementación de un Animatronic utilizando software CAD y manufactura aditiva.

Presentan los alumnos:

- García Andrade Manuel Alejandro
- Montejo Hernández Gustavo

Ingeniería en Electrónica

Asesor:

M.C. Osbaldo Ysaac García Ramos

Periodo:

Agosto-Diciembre 2016

Índice

Capítulo I

1.1	Introducción.....	4
1.2	Problemática.....	5
1.3	Justificación.....	5
1.4	Objetivos.....	5
1.5	Alcances y Limitaciones.....	6

Capítulo II

2.1	Caracterización Del Área En Que Se Participó.....	7
2.1.1	Antecedentes de la empresa.....	7
2.1.2	Organigrama de la Empresa.....	10
2.1.3	Misión, Visión y Valores.....	10
2.1.4	Descripción Del Área Donde Se Realizó El Proyecto.....	11

Capítulo III

3.1	Fundamento Teórico	12
3.1.1	Conceptos Básicos.....	26

Capítulo IV

4.1	Procedimientos Y Descripción De Las Actividades Realizadas....	32
4.1.1	Primera etapa: investigación bibliográfica.....	32
4.1.2	Segunda etapa: procedimiento de construcción del exoesqueleto y evidencia fotográfica.....	36
4.1.3	Etapa de pruebas del movimiento en base a pistones.....	41
4.1.4	Tercera etapa: Diseño del recubrimiento con Software Cad (Solidworks).....	44
4.1.5	Cuarta etapa: impresión de las piezas e implementación.....	53
4.1.6	Ensamblaje de las piezas.....	59

4.1.7 Implementación.....	62
----------------------------------	-----------

Capítulo V

5.1 Resultados y conclusión.....	64
---	-----------

5.1.1 Bibliografía.....	65
--------------------------------	-----------

Capítulo I

1.1 Introducción

En el marco de las obligaciones estudiantiles y como requisito para titulación, se ha llegado al punto final de nuestra preparación académica: la Residencia Profesional.

En base a un análisis previo y dentro de un banco con múltiples proyectos disponibles, el “Diseño de un Animatronic utilizando software CAD y manufactura aditiva” fue elegido debido al interés que se tiene sobre temas de manufactura aditiva y diseño asistido por computadora.

El proyecto se centró en el diseño de un Animatronic prehistórico, “Smilodon” muy conocido por ser una de las 4 especies de Tigres Dientes de Sable, extintos hace más de 10 mil años. Este felino es característico por su particular aspecto, el cual es el antecesor de un animal endémico de nuestra región, “el Jaguar”.

El proceso de implementación del Animatronic contó con varias etapas mediante las cuales se llegó a un resultado final.

Se enumera:

1. Investigación bibliográfica.
2. Capacitación en software CAD.
3. Diseño e implementación del exoesqueleto.
4. Diseño e impresión del recubrimiento en impresora 3D.
5. Implementación del recubrimiento impreso.
6. Diseño del sistema de movimiento basado en actuadores neumáticos.
7. Entrega del producto terminado para la implementación de la etapa de control (parte de una residencia paralela a esta).

Se contó con diversas limitantes que posteriormente serán mencionadas, sin embargo la visión con la que se contaba, hoy en día se amplió al ser partícipes de un proyecto de tal importancia en el cual los conocimientos teóricos fueron puestos a prueba y aquellos conocimientos prácticos recabados alrededor de todos los meses de trabajo han sido muy gratificantes.

1.2 Problemática

Debido a que no se tienen antecedentes del diseño de Animatronics en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, se optó por sembrar un precedente y contribuir en esta rama de la Mecatrónica mediante el diseño e implementación de uno, siendo pioneros en el estado de Chiapas.

1.3 Justificación

Incursionar en esta área de la Mecatrónica para diseñar un Smilodon de forma digital y manufacturarlo, por consiguiente cimentar las bases para futuros diseños de Animatronics y/o humanoides que permitan un desarrollo más vasto de esta ciencia en nuestra comunidad.

1.4 Objetivos

Objetivo General

- Diseñar e implementar un Animatronic utilizando el software Solidworks y manufacturarlo mediante impresión 3D.

Objetivos específicos

- Familiarizar al alumno en conceptos involucrados en el diseño asistido por computadora y manufactura asistida por computadora.
- Diseñar mediante el software Solidworks las partes mecánicas del Animatronic.
- Diseñar mediante el software Solidworks el exoesqueleto utilizando técnicas de superficies y sólidos.
- Manufacturar mediante impresión 3D partes mecánicas del Animatronic.
- Manufacturar mediante impresión 3D el exoesqueleto del Animatronic.

1.5 Alcances y limitantes

Como alcances:

Se diseñó un Animatronic comandado por actuadores neumáticos lineales y giratorios cuyos movimientos simularán el del Smilodon, los cuales son descritos a continuación:

Movimiento en patas:

- El Animatronic podrá Pararse en 2 patas traseras.
- El Animatronic podrá pararse en 2 patas traseras.
- El Animatronic podrá pararse con sus 4 patas.

Movimiento en cuello:

- El Animatronic podrá subir el cuello.
- El Animatronic podrá bajar el cuello.
- El Animatronic podrá combinar uno de estos 2 movimientos con cualquiera de las 3 configuraciones en movimientos en patas.

Movimientos en cabeza:

- El Animatronic podrá mover horizontalmente la cabeza a la izquierda.
- El Animatronic podrá mover horizontalmente la cabeza a la derecha.
- El Animatronic podrá combinar uno de estos 2 movimientos con cualquiera de las 3 configuraciones anteriores

Como limitaciones

Se tiene como limitante el hecho de no contar con servomotores que emulen con mayor realismo el movimiento del felino, aunado a ello el hecho de proponer el Animatronic de una proporción 3 a 1 (aproximadamente 80 cm de largo), hace que el uso de actuadores fuese limitado a zonas en donde el Animatronic permitía su implementación, ya que en otras como la cabeza, se necesitan unos sumamente pequeños.

Al igual, el diseño exterior y visual fue aproximado, ya que se cuenta con una impresora 3D con una precisión baja, de 300 micras. Los recursos de nuestra PC fue algo con lo que se lidió, programas tan pesados como "Solidworks" necesitan equipos más poderosos que una portátil estándar, por ende el resultado del diseño se vio limitado a los procesadores en de las computadoras personales.

Capítulo II

2.1 Caracterización del área en que se participó

El proyecto se desarrolló en el área de la especialidad de mecatrónica, es una disciplina que une la ingeniería mecánica, ingeniería electrónica, ingeniería de control e ingeniería informática, utilizada para diseñar y desarrollar productos que involucren sistemas de control para el diseño de productos o procesos inteligentes, lo cual busca crear maquinaria más compleja para facilitar las actividades del ser humano a través de procesos electrónicos en la industria mecánica, principalmente. Debido a que combina varias ingenierías en una sola, su punto fuerte es la versatilidad.

2.1.1 Antecedentes de la empresa

Los Institutos Tecnológicos (IT), surgieron de un proyecto del Gobierno Federal encomendado al Instituto Politécnico Nacional (IPN), con tres objetivos esenciales -entre otros de no menor trascendencia: a) Llevar las oportunidades de educación técnica y tecnológica a todos los jóvenes del país que las demandaban; b) Apoyar la industrialización de las diversas regiones mediante la formación de técnicos y profesionales comprometidos con sus comunidades, y c) Impulsar el desarrollo regional con base en la formación y el arraigo de los egresados a su lugar de origen. Cuando se fundaron los dos primeros, en 1948, en las ciudades de Durango y Chihuahua, los coordinaba el titular del Departamento de Capacitación para Trabajadores e Institutos Tecnológicos del IPN y no había, la concepción de un sistema, sino que operaban como instituciones únicas; y su denominación era la de Institutos Tecnológicos Regionales.

Al fundarse nuevos planteles, homogeneizar su estructura y formas de operación, e implantar un mismo modelo académico, con planes y programas de estudio que ofrecían carreras similares, el concepto de sistema fue adquiriendo realidad y un peso específico en el contexto nacional. También se transformaron las estructuras de organización centrales y los IT experimentaron esos cambios. Para 1953, dependían de la Oficina de Institutos Tecnológicos y Escuelas Foráneas y se crea la Comisión de Estudios de los Institutos Tecnológicos, la cual normaba su operación; pero en 1957 se fundó la Oficina de Institutos Tecnológicos Foráneos, con dependencia administrativa directa del Secretario del Ramo, con la atribución formal de hacerse cargo de la orientación pedagógica y la administración técnica de los IT. En 1958, por un corto tiempo, los Institutos Tecnológicos Regionales se integraron al Departamento de Enseñanzas Especiales, de la Dirección General de Segunda Enseñanza, aunque poco después este Departamento se convirtió en la Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas, Industriales y Comerciales, en la estructura de la cual, al ser desincorporados del IPN (en 1959), se creó la Subdirección de Institutos Tecnológicos Regionales.

En 1964, al reestructurarse la Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas, Industriales y Comerciales, la Subdirección de Institutos Tecnológicos Regionales se transformó en Dirección, si bien un año después nuevamente regresó al rango de Subdirección es en ese lapso que se introdujeron las diferencias entre las subdirecciones técnicas y las subdirecciones administrativas, con lo cual se dio comienzo a un proceso de especialización.

Esta caracterización propició que, en 1969, por la incorporación de nuevas instituciones, la Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas, Industriales y Comerciales modificara su estructura y nomenclatura para transformarse en Dirección General de Enseñanzas Tecnológicas, integrada por nueve subdirecciones.

La importancia y la fuerza que fueron adquiriendo los IT al paso de los años, su forma de operación y el ser, en muchos rincones del país, instituciones únicas de educación superior, les otorgaron un prestigio indiscutible, máxime que ha sido premisa natural operar como sistema, ofrecer servicios de educación superior tecnológica de calidad y atender a las comunidades y etnias con más carencias y elevados índices de marginación.

Consecuencia de ello es que, a partir de diciembre de 1970, los Institutos Tecnológicos Regionales se erigieron en la espina dorsal de la Dirección General de Educación Superior, lo cual avaló que en 1976, con el proceso de Reforma Educativa, se crearan la Subdirección de Planeación y Desarrollo y la Subdirección de Graduados e Investigación.

En 1977, para coronar una etapa verdaderamente valiosa en la vida institucional del Sistema, se creó la Dirección General de Institutos Tecnológicos Regionales, conformada por tres direcciones de área: la administrativa, la operativa y la técnica.

En 1978 se realizó la primera reestructuración de la Dirección General cambiando la denominación de Dirección Técnica a Dirección Académica, creándose la Subdirección de Extensión Educativa y fortaleciéndose la Dirección de Operación. El 24 de abril de 1981 cambió su denominación a Dirección General de Institutos Tecnológicos. A partir de esta fecha se reestructuró la Dirección General buscando hacer más acorde la denominación de las distintas áreas con las funciones asignadas. En ese mismo año se dio un cambio en la denominación de los planteles de Instituto Tecnológico Regional a Instituto Tecnológico, debido a que su carácter federal los hacía atender no sólo la demanda local y regional sino que abarcó, incluso, el nivel nacional. En 1986 las áreas de recursos humanos, financieros y materiales son agrupadas en la Coordinación Administrativa, con lo cual la Dirección de Planeación y Administración modificó sus funciones y denominación a Dirección de Apoyo Técnico.

En 1989 se reestructuró nuevamente la Dirección General de Institutos Tecnológicos quedando conformada por tres direcciones de área, una coordinación administrativa y veinte departamentos, el objetivo de esa

reestructuración fue optimizar los recursos disponibles a través de la mejor definición de las funciones sustantivas y adjetivas.

En 1996, producto de las políticas de racionalización de estructuras se redujo el número de unidades orgánicas de la Dirección General, quedando autorizadas dos direcciones de área, cuatro subdirecciones y catorce departamentos.

En 1999, la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y la Secretaría de Contraloría y Desarrollo Administrativo dictaminaron una nueva estructura para la Dirección General, quedando integrada por cuatro direcciones de área, seis subdirecciones y catorce departamentos.

En el 2001 se concluyó un ambicioso proceso de reestructuración de la Dirección General de Institutos Tecnológicos con la autorización de una nueva estructura orgánico-funcional, la cual quedó conformada por cuatro coordinaciones sectoriales y catorce direcciones de área. Esta nueva estructura tuvo su fundamento en un modelo de recreación de las corporaciones y operó mediante una filosofía de alto desempeño organizacional. Al reestructurarse por niveles el Sistema Educativo Nacional, en 2005, como se mencionó se integraron todos los Institutos Tecnológicos en una sola dependencia, se creó la Dirección General de Educación Superior Tecnológica, la cual operó hasta el 23 de julio de 2014.

A diciembre de 2014, el Tecnológico Nacional se conforma por 266 instituciones:

134 Institutos Tecnológicos Descentralizados

126 Institutos Tecnológicos Federales

6 Centros Especializados Federales.

El instituto tecnológico de Tuxtla Gutiérrez Fue fundado el 22 de octubre de 1972, por el entonces Gobernador del Estado, Dr. Manuel Velasco Suárez, inicialmente con el nombre de Instituto Tecnológico Regional de Tuxtla Gutiérrez (ITRTG), posteriormente se llamaría el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG).

2.1.2 Organigrama de la Empresa

M00 Director General del Tecnológico Nacional de México
M00.0.1 Dirección de Institutos Tecnológicos Descentralizados
M00.0.2 Dirección Jurídica
M00.0.3 Dirección de Cooperación y Difusión
M00.0.4 Dirección de Apoyo y Orientación a la Comunidad
M00.1 Secretaría de Planeación, Evaluación y Desarrollo Institucional
M00.1.1 Dirección de Planeación y Evaluación
M00.1.2 Dirección de Programación, Presupuestación e Infraestructura Física
M00.1.3 Dirección de Tecnologías de Información y Comunicación
M00.1.4 Dirección de Aseguramiento de la Calidad
M00.2 Secretaría Académica, de Investigación e Innovación
M00.2.1 Dirección de Docencia e Innovación Educativa
M00.2.2 Dirección de Posgrado, Investigación e Innovación
M00.2.3 Dirección de Asuntos Escolares y Apoyo a Estudiantes
M00.3 Secretaría de Extensión y Vinculación
M00.3.1 Dirección de Vinculación e Intercambio Académico
M00.3.2 Dirección de Educación Continua y a Distancia
M00.3.3 Dirección de Promoción Cultural y Deportiva
M00.4 Secretaría de Administración
M00.4.1 Dirección de Personal
M00.4.2 Dirección de Finanzas
M00.4.3 Dirección de Recursos Materiales y Servicios

2.1.3 Misión, Visión y Valores

Misión:

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

Visión:

Ser una institución de excelencia en la educación tecnológica del sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

Valores:

- El ser humano
- El espíritu de servicio
- El trabajo en equipo
- La calidad
- El alto desempeño
- Respeto al medio ambiente

2.1.4 Descripción del área donde se realizó el proyecto

El Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG); es una universidad pública de tecnología, ubicada en la Ciudad de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México. Es una Institución educativa pública de educación superior, que forma parte del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos de México. El Instituto también está afiliado a la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), zona Sur-Sureste.

Actualmente es considerado una de las dos máximas casas de estudios del estado de Chiapas, junto con la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Su lema es Ciencia y Tecnología con Sentido Humano y su actual director es el Ing. Tomás Palomino Solórzano.

Cuenta con tres extensiones en las ciudades de Chiapa de Corzo, Carranza y la otra en la ciudad de Bochil, además posee un Centro de Posgrado para estudios de Maestría en Ciencias en Mecatrónica, Maestría en Ciencias en Ingeniería Bioquímica y el Doctorado en Ciencias en Biotecnología.

Capítulo III

3.1 Fundamento Teórico

La animatrónica [1]

Es la técnica que, mediante el uso de mecanismos robóticos o electrónicos, simula el aspecto y comportamiento de los seres vivos empleando marionetas u otros muñecos mecánicos. Se caracterizan por tener un aspecto físico antropomórfico. Son creados para ser programados y controlados remotamente, reproducir sonido y recrear movimientos ya sean sencillos o de gran complejidad. La sofisticación de estos robots depende del uso o servicio que vayan a cumplir, ya que por ejemplo, se puede recrear únicamente el lomo de un oso o crear todo el animal completo.



Figura 3. Animatronic con fines cinematográficos, basado en un Velociraptor.

Evolución.

En la Edad Media destacaron dos personajes, Alberto Magno y Al-Jazari con la creación de un autómatas de hierro que cumplía la función de un mayordomo y un reloj mecánico. En el Renacimiento el inventor más conocido fue Leonardo Da Vinci, quién creó la máquina voladora. Y años más tarde, entre 1620 al 1780, autores como Blaise Pascal – quién inventó la primera calculadora-, René Descartes y Jacques de Vaucanson entre muchos otros, fueron emprendedores de la evolución tecnológica que se vivía en el siglo XXI.

La robótica es una disciplina llevada a cabo por ingenieros, mecánicos, eléctricos, plásticos, artistas, etc., con la finalidad de crear una marioneta electrónica capaz de reproducir una acción.

Dentro de este término se han creado otras subcategorías como la robótica industrial, de servicio, humanoide, cibernética, inteligencia artificial y los efectos especiales. Estos forman parte de la industria cinematográfica, usando como uno de sus recursos principales la animatrónica.

Este recurso existía previamente a los efectos especiales y visuales, como por ejemplo, en la película Tiburón o el pequeño extraterrestre E.T. Generalmente estas marionetas electrónicas recrean animales, seres fantásticos, robots, humanos, etc., para el cine, pero en los inicios de su creación fueron usados para otras funciones.

Walt Disney creó los Audio-Animatronics para tematizar sus parques de atracciones y crear espectáculos con robots. Se inventaron en los años 60 por Walt Disney Imagineering. Cumplían la función básica de recrear sonidos grabados anteriormente y hacer pequeños movimientos mediante tecnología hidráulica. Años más tarde, se crearon los conocidos animatrónicos, un nombre genérico para el resto de la industria, ya que estos no estaban creados por Disney.

Usos [2]

La principal utilidad de la animatrónica se da en el campo de la cinematografía y los efectos especiales, aunque también se emplea con frecuencia en los parques temáticos y en otras ramas de la industria del entretenimiento.

Su principal ventaja respecto a las imágenes generadas por ordenador o la técnica de stop motion es que no consiste en una simulación de la realidad, sino que presenta ante la cámara auténticos objetos que se mueven en tiempo real. Facilitando así la interacción de los robots con el medio humano. El avance de la tecnología ha hecho que la robótica alcance la complejidad dando lugar a personajes electromecánicos aparentemente vivos.

El mundo de la animatrónica ha creado una industria que mueve una gran cantidad de dinero, ya que un robot puede costar desde \$10,000.00, incluso superar \$1, 000,000.00. Algunas de las principales empresas de animatrónica son «Garner Holt Productions, Inc.» en San Bernardino, California; «UCFab International, LLC» en Apopka, Florida; «Sally Corporation» en Jacksonville, Florida; o «Lifeformations» en Bowling Green (Ohio). Entre sus clientes se encuentran, además de la industria cinematográfica, parques temáticos, museos, restaurantes y muchos otros negocios que requieren la tematización de un ambiente.

Cinematografía y efectos especiales [3]

El campo que hace un uso mayor de este tipo de muñecos es la industria audiovisual, siendo los destacados el mundo del cine y de la televisión. Los Animatrónicos se emplean para representar personajes que no existen en el mundo real, en situaciones de riesgo o en las que no sería rentable el uso de actores o animales.

La animatrónica de hoy en día usa dispositivos controlados por ordenador, así como controles por radio o manuales.

Diseño [4]

Para el diseño de un animatrónico es necesario el uso de técnicas y materiales que en su totalidad creen un robot que emule vida. Por lo tanto, es necesaria una investigación previa del personaje animado que se pretende crear. El análisis debe contemplar los movimientos del personaje, la movilidad de los músculos y la anatomía.

Una vez examinado el personaje se procede a las fases técnicas de creación: el elemento mecánico, el eléctrico y el de control.

1. La mecánica se encarga de crear la estructura, y además, los movimientos que le corresponden.
2. La electrónica dota de energía el animatrónico y define los elementos de entrada y el comportamiento de los de salida.
3. El control otorga los comandos necesarios que se deben usar para poder manejar el personaje en la vida real.

Para la creación de un muñeco de estas características se han de tener en cuenta los puntos vitales que lo pueden humanizar. Estos elementos son: la boca, los labios, los ojos, el cuello, etc., en definitiva, el movimiento muscular. Los movimientos específicos se consiguen mediante motores eléctricos, cilindros neumáticos o hidráulicos y mecanismos controlados por cable. El tipo de elemento a utilizar se decide en función de los parámetros del personaje, los movimientos concretos que se requieren y las limitaciones del proyecto.

Finalmente, para que un animatrónico tenga una apariencia física real se utilizan materiales que simulen la piel de un ser vivo. De esta manera queda cubierto el esqueleto mecánico y eléctrico que se encarga de recrear los movimientos. Los materiales más usados son la silicona, el acrílico y la resina de nailon.

Material utilizado en la impresión 3D [5]

La gran mayoría de las impresoras 3D utilizan como "cartuchos de tinta" unos rollos de filamento de un material llamado "termoplástico". Este plástico sale derretido del extrusor y se endurece al enfriarse, formando las capas de la figura que deseas imprimir. Hay de diferentes tipos con ventajas y desventajas.



Figura 3.1. Diferentes tipos de filamentos para impresión 3D

Los más comunes: ABS y PLA1

Estos dos son los materiales compatibles con casi todas las impresoras que se venden. Ambos son termoplásticos, y se venden en rollos de filamento que cuestan entre 25-35€ cada uno, pero hay algunas diferencias claves entre ellos.

ABS

Este es el material consentido de las piezas de Lego, también utilizado en la carrocería de los automóviles, los electrodomésticos y las carcasas de celulares. Pertenecen a la familia de los termoplásticos o plásticos térmicos pero contienen una base de elastómeros a base de polibutadieno que los hace más flexibles y resistentes a los choques.

El ABS (acrilonitrilo butadieno estireno) se funde entre 200 y 250 °C y puede soportar temperaturas muy bajas (-20 °C) y muy elevadas (80 °C). Además de su alta resistencia, este material permite obtener una superficie pulida, es reutilizable y puede ser soldado con procesos químicos (utilizando acetona por ejemplo). Sin embargo, no es biodegradable y se encoje en contacto con el aire, razón por la cual la plataforma de impresión se debe precalentar con el fin de evitar el despliegue de las piezas.

El ABS es empleado principalmente en la técnica de modelado por deposición fundida (FDM) y, en consecuencia, se encuentra disponible en la mayoría de impresoras personales como la Replicator 2 de Makerbot y las Ultimaker. Además, un derivado del ABS, en forma líquida, es utilizado en los procesos de estereolitografía y PolyJet.

PLA

Al contrario del ABS, este polímero (ácido poliláctico) es biodegradable ya que es fabricado a partir de materias primas renovables (almidón de maíz). Una de sus características principales es su leve encogimiento luego de la impresión 3D.

Razón por la cual las plataformas calientes no son necesarias en la impresión utilizando el modelado por deposición fundida (FDM) (a 185C) y se obtienen piezas de mejor precisión. En fin, gracias a su carácter no tóxico, este material es usado generalmente para la fabricación de objetos que entran en contacto con alimentos, pero se debe asegurar que la extrusora sea en acero inoxidable.

En comparación con el ABS, el PLA es más difícil de manipular dada su elevada velocidad de enfriamiento y solidificación. Este también puede deteriorarse y estirarse al contacto con el agua. Sin embargo, este material, en general traslúcido, es utilizado por la MakerBot Replicator 2 y la CubeX y acepta todo tipo de terminación en varios colores.

A demás de que existen otros tipos de materiales tales como:

Poliamidas

Los objetos en poliamidas son generalmente fabricados a partir de un polvo fino, granuloso y blanco utilizando la tecnología de sinterizado selectivo por láser (SLS), pero algunas familias de este material, como el nylon, se presentan en la forma de filamento y se utilizan con la técnica de modelado por deposición fundida (FDM).

Gracias a su biocompatibilidad, como el PLA, las poliamidas pueden ser utilizadas para fabricar piezas en contacto con alimentos (menos aquellos que contienen alcohol), y al contrario del PLA y el ABS, las superficies logran ser más lisas sin efecto de ondulación.

Al estar constituido de estructuras semi-cristalinas, este material presenta un buen equilibrio entre sus características mecánicas y químicas, de donde vienen su estabilidad, rigidez, flexibilidad y resistencia a los choques. Estas ventajas dan paso a una amplia gama de aplicaciones y a un alto nivel de detalle. Su alta calidad es utilizada, por ejemplo, para la fabricación de engranajes, piezas para el mercado aeroespacial, automóvil, la robótica y las prótesis médicas o para los moldes de inyección.

Alumide

Los objetos en alumide son fabricados a partir de una combinación entre poliamidas y aluminio en polvo utilizando la tecnología de sinterización selectiva por láser (SLS). Con una gran superficie ligeramente porosa y un aspecto arenoso y granuloso, este material ofrece una gran solidez y una alta resistencia a la temperatura (172°C máx.) y a los choques con una cierta flexibilidad. Sin embargo, algunos post-tratamientos son generalmente necesarios, como el rectificado, lijado, revestimiento y fresado, por ejemplo.

Resinas

Las resinas se dividen en termoplásticas y termosolidificantes (polimerización) y constituyen el material base de varias técnicas como la estereolitografía (SLA) y el Polyjet, permitiendo obtener objetos de terminación mate o brillantes, blancos, negros e incluso transparentes. Estos últimos, tienen una geometría y una funcionalidad limitados, pero la calidad y la suavidad de la superficie, además de su transparencia, son sistemáticos. En todo caso, es posible de realizar un proceso de tintura y numerosos tratamientos de post-impresión.

Las resinas de alta precisión son ofrecidas por inmaterialice, las cuales son perfectas para modelos reducidos (100x100x100 mm máx.) que necesitan de un alto nivel de detalle geométrico con una superficie pulida, fina y sin efectos de escalera en las capas. El color del material es un blanco opaco e, incluso siendo poca, la tintura no es recomendada dada la posibilidad de perder el nivel de detalle ligado a la pintura.

Polipropileno

Otro termoplástico muy utilizado en el sector automovilístico, para los empaques, los textiles profesionales desechables, y en la fabricación de cientos de objetos cotidianos. El polipropileno (PP) es conocido por su resistencia a la abrasión y a su capacidad de absorber los choques, además de una relativa rigidez y flexibilidad.

Uno de los inconvenientes es su baja resistencia a la temperatura y su sensibilidad a los rayos UV, razón por la cual varios fabricantes de impresoras han desarrollado derivados de este material, los simili-propilenos, con el fin de reforzar sus propiedades físicas y mecánicas. Entre otros, se encuentra la gama VisiJet de 3D Systems donde los materiales ofrecen una gran rigidez y una resistencia más elevada al calor (130 °C) y a la humedad como el VisiJet HiTemp o la gama DurusWhite de Objet. En fin, EnvisionTEC propone un simili-propileno (el LS600) para la fabricación de piezas de un alto nivel de detalle.

Plásticos compuestos

En un artículo anterior, 3Dnatives presentó la tecnología PolyJet y sus materiales compuestos, llamados Digital Materials, permitiendo obtener prototipos de alto desempeño que se acercan a las propiedades del material real (resistencia a la temperatura, biocompatibilidad, rigidez o flexibilidad) y en múltiples colores.

Paralelamente, la sociedad Z Corporation, adquirida por 3D Systems, desarrolló una tecnología similar a aquella de las impresoras 2D, exclusivamente para las impresoras ZPrinter que permiten imprimir en colores de alta definición, con 390.000 tintas disponibles. La impresora convierte cada color a partir del espacio RGB a un valor de color CMYK para la impresión y el software ZEdit™ permite añadir el color, las texturas coloradas y las etiquetas para los archivos de modelos en 3D. Para minimizar los costos, solamente el contorno de la pieza es coloreado al momento de la impresión.

Con el fin de responder a las necesidades de la impresión 3D multicolores, otras máquinas como la Replicator Dual Extruder de MakerBot y las CubeX Duo y CubeX Trio e Cubify (18 colores en ABS y PLA), fueron lanzadas al mercado. De otro lado, para la fabricación de piezas transparentes, 3D Systems trabajó en el desarrollo de nuevos materiales para las tecnologías SLA, SLS y DLP como el Accura ClearVue, Accura Peak (más opaco) y el VisiJet Clear. Sin embargo, más allá del color, la mayor ventaja de los materiales compuestos es la posibilidad de fabricar modelos con características reforzadas.

Por ejemplo, la sociedad EnvisionTEC ofrece dos materiales que soportan altas temperaturas (hasta 140°C): HTM140 y HTM140IV, mientras que la compañía Objet comercializa el RGD525 (67-80°C). El iFlex 500, de EnvisionTEC, permite reproducir las propiedades mecánicas, el aspecto y la sensación táctil del caucho, al mismo tiempo que Objet propone la gama Objet Tango, materiales semi-caucho con gran flexibilidad (TangoGray, TangoBlack, TangoPlus y TangoBlackPlus).

Tipos de manufactura [6]

La impresión 3D es una de las grandes tendencias de los últimos años en el terreno tecnológico. Se observa poco a poco como salen al mercado de consumo distintos modelos de impresora 3D que puedes comprar tanto a través de Internet como en grandes almacenes.

Existen tres tecnologías principales a la hora de hablar de impresoras 3D con las cuales se puede manufacturar y se describen a continuación.

Impresión 3D vs modelado tradicional

Las impresoras 3D forman parte de lo que se conocen como procesos de fabricación aditiva. Estos procesos son aquellos que permiten fabricar un objeto desde cero donde las máquinas van añadiendo material hasta conformar la pieza final.

En la fabricación tradicional como puede ser el mecanizado mediante torno de control numérico se parte de un bloque de material sobre el que se empiezan a realizar operaciones quitando capas hasta dejar la pieza que se quiere obtener:

Los procesos aditivos incluyen, entre otros, todas las tecnologías de Prototipado Rápido (Rapid Prototyping) con métodos como la impresión 3D: FDM, FFF, Estereolitografía (SLA) o el Sinterizado Selectivo Láser (SLS).

Todos los procesos de fabricación aditiva tienen en común el hecho de que pueden generar geometrías muy complejas de una forma muy rápida. En todos los casos, los objetos presentan una textura material de capas muy finas, casi imperceptibles. Mark Villacampa, quien lleva dentro de este mundo desde la llegada de las impresoras RepRap y que ha realizado recientes análisis de las últimas impresoras 3D del mercado y analizado el modelo de negocio de la impresión 3D da la clave para la creciente popularidad de la impresión 3D: El boom reciente de la impresión 3D personal se debe principalmente al vencimiento de determinadas patentes relacionadas con la tecnología FDM. La tecnología protegida anteriormente por estas patentes hizo posible el nacimiento del proyecto RepRap en el año 2005. Todas las compañías que se encuentran actualmente dentro del mercado de la impresión 3D están impulsadas por el éxito del proyecto RepRap.

Tecnologías de deposición de material plástico [7]

La tecnología que ha popularizado este método de impresión de figuras y piezas en 3D ha sido la que se conoce como Fusion Deposition Modeling (FDM) que fue inventada y patentada a finales de los años 80 por Scott Crump quien la empezó a comercializar a través de la empresa que fundó junto con su mujer, Stratasys. Es una tecnología que permite conseguir piezas utilizando plástico ABS (similar al material de los juguetes Lego) o bien PLA (un polímero biodegradable que se produce desde un material orgánico).

La tecnología **FDM** estaba protegida por patente y nació una tecnología que en esencia es similar, Fused Filament Fabrication (**FFF**) llamadas impresoras como RepRap.

La impresión con esta tecnología comienza desde la capa inferior, creando una superficie en la base para poder separar la pieza. Se utiliza un fino hilo de plástico pasa por el extrusor que es, en resumen, un dispositivo que calienta el material hasta el punto de fusión. En ese momento el plástico se depositando en la posición correspondiente de la capa que se está imprimiendo en cuestión.

Tras ser depositado en su lugar, el material se enfría y solidifica, una vez acabada esa capa, se desplaza verticalmente una pequeña distancia para comenzar la siguiente capa. Según la pieza a fabricar es posible que se necesiten varios soportes que se eliminan a posteriori.

La impresión, como en la mayoría de métodos de impresión 3D, se realiza capa a capa. Si se desea imprimir una manzana, pues el trabajo se realiza imprimiendo finas rodajas de la misma. Cuanto más finas sean las mismas, mejor será la calidad final de la impresión.

Tecnologías impresión 3D con láser

Las tecnologías que utilizan el láser son las tecnologías Estereolitografía (SLA) y Selective Laser Sintering (SLS). Con estas tecnologías se consigue una mayor precisión de las piezas impresas y un ahorro en tiempo de impresión. La tecnología SLA o estereolitografía nació antes que la tecnología FDM y FFF de la mano de Charles Hull quien también fundó la empresa 3D Systems. Esta compañía fue la primera en poner a la venta lo que hoy se llama impresora 3D. Una impresora de SLA tiene un funcionamiento también capa a capa pero a diferencia del método anterior en esta ocasión se parte de una base que se va sumergiendo (o saliendo) capa a capa en un baño de resina fotocurable. El láser de luz ultravioleta activa la curación de la resina líquida, solidificándola. En ese momento la base se desplaza hacia abajo para que el láser vuelva a ejercer su acción.

Con este método se consiguen figuras con gran detalle aunque, al igual que el método posterior, desperdicia cierta cantidad de material según qué piezas si se necesitan fabricar soportes que se eliminan a posteriori. Y para finalizar se presenta la tecnología SLS o Sinterización Selectiva Láser. Esta tecnología nació en la Universidad de Texas en los años 80 también y pese a tener ciertas similitudes con la tecnología SLA en concepto, permite utilizar un gran número de materiales. A diferencia de la impresión vía SLA que hace uso de un baño de un polímero líquido fotocurable se utiliza material en polvo (poliestireno, materiales cerámicos, cristal, nylon y materiales metálicos). El láser impacta en el polvo y funde el material y se solidifica (sinterizado).

Todo el material en polvo que no se sinteriza sigue situado donde estaba inicialmente y sirve de soporte para las piezas, principal ventaja frente a las tecnologías vistas. Una vez finalizada la pieza ese material puede ser retirado y reutilizado para la impresión de próximas piezas.

Diseño mecánico [8]

¿Qué es el diseño? Primeramente hay que entender que el diseño se encuentra alrededor de prácticamente todo. El término diseño claramente abarca una amplia gama de significados que en la mayor parte de los casos se refiere a la apariencia estética del objeto, y muchas veces se puede ver esto desde el enfoque artístico y porque no, desde este punto de vista en el diseño mecánico también se podría catalogar al ingeniero como un artista.

La palabra diseño tiene su origen en el vocablo latín designare que significa "designar, marcar" y ya que el fin de este trabajo es enfocarse en el diseño dentro del dominio de la ingeniería se define como "el proceso de aplicar las diversas técnicas y los principios científicos con el objeto de definir un dispositivo, un proceso o un sistema con suficiente detalle para permitir su realización".

Diseñar es formular un plan para satisfacer una necesidad específica o resolver un problema.

Si el plan resulta en la creación de algo físicamente real, entonces el producto debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo, útil, que pueda fabricarse y comercializarse.

El diseño es un proceso innovador y altamente iterativo. También es un proceso de toma de decisiones. Algunas veces éstas deben tomarse con muy poca información, en otras con apenas la cantidad adecuada y en ocasiones con un exceso de información parcialmente contradictoria.

Algunas veces las decisiones se toman de manera tentativa, por lo cual es conveniente reservarse el derecho de hacer ajustes a medida que se obtengan más datos. Lo importante es que el diseñador en ingeniería debe sentirse personalmente cómodo cuando ejerce la función de toma de decisiones y de resolución de problemas.

El diseño es una actividad de intensa comunicación en la cual se usan tanto palabras como imágenes y se emplean las formas escritas y orales. Los ingenieros deben comunicarse en forma eficaz y trabajar con gente de muchas disciplinas. Éstas son habilidades importantes y el éxito de un ingeniero depende de ellas.

Las fuentes personales de creatividad de un diseñador, la habilidad para comunicarse y la destreza para resolver problemas están entrelazadas con el conocimiento de la tecnología y sus principios fundamentales. Las herramientas de la ingeniería (como las matemáticas, la estadística, la computación, las gráficas y el lenguaje) se combinan para producir un plan, que cuando se lleva a cabo crea un producto funcional, seguro, confiable, competitivo y útil sin importar quién lo construya o lo use.

El diseño mecánico es una tarea compleja que requiere muchas habilidades y comúnmente es un trabajo que se realiza en equipo pues casi siempre resultan mejores opciones si más de una mente se encuentra pensando en resolver un problema determinado, en este punto sería importante recalcar las capacidades individuales para poder relacionarse en el área de trabajo del equipo y que al detectar que estas no son de la manera óptima tomar las medidas necesarias (sea una capacitación, un cambio de personal, etc.) para poder llevar a cabo nuestra tarea.

Con base a esto se puede decir que el diseño mecánico es el proceso de dar forma, dimensiones, materiales, tecnología de fabricación y funcionamiento de una máquina para que cumpla unas determinadas funciones o necesidades.

El diseño se diferencia del análisis, en que en éste se toma un diseño ya existente para estudiarlo, y verificar que cumpla con las necesidades para las que fue diseñado.

Diseño asistido por computadora [9]

También descrito como Computer-aided design (CAD) es el uso de programas computacionales para crear representaciones gráficas de objetos físicos ya sea en segunda o tercera dimensión (2D o 3D). El software CAD puede ser especializado para usos y aplicaciones específicas. CAD es ampliamente utilizado para la animación computacional y efectos especiales en películas, publicidad y productos de diferentes industrias, donde el software realiza cálculos para determinar una forma y tamaño óptimo para una variedad de productos y aplicaciones de diseño industrial.

En diseño de industrial y de productos, CAD es utilizado principalmente para la creación de modelos de superficie o sólidos en 3D, o bien, dibujos de componentes físicos basados en vectores en 2D. Sin embargo, CAD también se utiliza en los procesos de ingeniería desde el diseño conceptual y hasta el layout de productos, a través de fuerza y análisis dinámico de ensamblajes hasta la definición de métodos de manufactura. Esto le permite al ingeniero analizar interactiva y automáticamente las variantes de diseño, para encontrar el diseño óptimo para manufactura mientras se minimiza el uso de prototipos físicos.

Beneficios de CAD

Los beneficios del CAD incluyen menores costos de desarrollo de productos, aumento de la productividad, mejora en la calidad del producto y un menor tiempo de lanzamiento al Mercado. **[10]**

1. Mejor visualización del producto final, los sub-ensambles parciales y los componentes en un sistema CAD agilizan el proceso de diseño.
2. El software CAD ofrece gran exactitud de forma que se reducen los errores.
3. El software CAD brinda una documentación más sencilla y robusta del diseño, incluyendo geometría y dimensiones, lista de materiales, etc.
4. El software CAD permite una reutilización sencilla de diseños de datos y mejores prácticas.

Estos son algunos ejemplos de aplicaciones de Software tipo CAD:

Solidworks

Es un software CAD (diseño asistido por computadora) para modelado mecánico en 3D, desarrollado en la actualidad por SolidWorks Corp., una filial de Dassault Systèmes, S.A. (Suresnes, Francia), para el sistema operativo Microsoft Windows. Su primera versión fue lanzada al mercado en 1995 con el propósito de hacer la tecnología CAD más accesible.

El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción. Es un programa que funciona con base en las nuevas técnicas de modelado con sistemas CAD. El proceso consiste en traspasar la idea mental del diseñador al sistema CAD, "construyendo virtualmente" la pieza o conjunto. Posteriormente todas las extracciones (planos y ficheros de intercambio) se realizan de manera bastante automatizada.

La empresa SolidWorks Corp. fue fundada en 1993 por Edson Hernández con su sede en Concord, Massachusetts y lanzó su primer producto, SolidWorks 95, en 1995. En 1997 Dassault Systèmes, mejor conocida por su software CAD CATIA, adquirió la compañía. Actualmente posee el 100% de sus acciones y es liderada por Jeff Ray.

La obtención de certificaciones de SolidWorks les da a los diseñadores (Ingenieros, Delineantes,...) la posibilidad de competir y sobresalir en aspectos de diseño, análisis y gestión de datos. Además, les ofrece de la oportunidad de ser reconocidos a nivel mundial.

Las principales certificaciones son:

1. CSWA (Certified SolidWorks Associate): se enfoca a temas sobre el manejo básico de las herramientas del software.
2. CSWP (Certified SolidWorks Professional): evalúa habilidades avanzadas de diseño de partes y ensamblajes, al haber obtenido más conocimiento y la destreza en el manejo de las herramientas, los diseñadores pueden especializarse en diferentes módulos, como lo son: dibujo, chapa metálica, superficies, piezas soldadas y herramientas de moldes.
3. CSWE (Certified SolidWorks Expert) con esta se demuestra un conocimiento completo de todas las áreas del software. **[11]**

Fibersim

La suite de software FiberSIM, que está integrado en 3D comerciales diseño asistido por ordenador (CAD), compatible con todo el diseño y proceso de fabricación de componentes ligeros compuestos. Se dirige a cada etapa del ciclo de desarrollo - desde la concepción, la definición de laminado, y la creación de capas través de la simulación, la documentación, y la fabricación - para capturar una completa definición de producto digital compuesto.

FiberSIM le autoriza para "trabajar cómo usted piensa" por medio de un entorno personalizado para el diseño de productos innovadores, duraderos y ligeros compuestos que crean una ventaja competitiva. **[12]**

NX

Ofrece la más amplia gama de aplicaciones integradas y completamente asociadas CAD/CAM/CAE de la industria. NX comprende un rango completo de procesos de desarrollo en el diseño del producto, manufactura y simulación, permitiendo a las compañías fomentar el uso de mejores prácticas al capturar y reutilizar conocimiento de producto y proceso. **[13]**

Seat Design Environment (SDE)

Es una herramienta informática integrada en sistemas CAD 3D, para el diseño y fabricación de sistemas de seguridad innovadores de transporte y de componentes internos. Es software completamente integrado con los sistemas comerciales CAD 3D, para diseñar y manufacturar sistemas de asientos de transporte innovadores y componentes interiores. **[14]**

Solid Edge

Es una cartera de herramientas de software que se ocupa de todos los aspectos del proceso de desarrollo de productos: diseño 3D, simulación, fabricación, gestión del diseño y más, gracias a un creciente ecosistema de aplicaciones. Solid Edge combina la velocidad y la simplicidad de modelado directo con la flexibilidad y el control del diseño paramétrico, gracias a synchronous technology. [15]

Syncrofit

Es una familia de productos especializados para diseñar y manufacturar ensamblajes complejos y grandes estructuras aéreas. Te permite crear y administrar interfaces de ensamblaje y cientos de miles de elementos de fijación que se encuentran normalmente en un fuselaje. [16]

Técnicas de diseño por superficies [17]

Las herramientas de diseño de superficies avanzadas de SolidWorks aceleran el proceso de diseño, por lo que ahorran tiempo y costes de desarrollo, y aumentan la productividad.

SolidWorks simplifica el diseño de superficies avanzadas para hacer que la creación de partes sofisticadas con formas complejas sea más fácil. Dichos dispositivos son habituales en una variedad de sectores entre los que se incluyen productos de consumo, vehículos, moldes y dispositivos médicos. SolidWorks le proporciona:

1. Herramientas para: superficies extruidas, revueltas, barridas, recubiertas, equidistantes, planas.
2. Herramientas para: superficie limitante de formas orgánicas y estilizadas, relleno de superficies, superficies radiadas de forma libre y superficies medias.
3. Herramientas de edición: mover/copiar cara, Instant3D (hacer clic y arrastrar la geometría), copiar superficie, reemplazar cara, reparar, coser, recortar y extender.
4. Herramientas de análisis de superficies: gaussiano, ángulo, corte sesgado, espesor, curvatura, radio mínimo, franjas de cebra, análisis de desviación y comprobación de simetría.
5. Importación y reparación de geometría y herramientas de reparación
6. Las herramientas de simulación de piezas de plástico y llenado de moldes están disponibles en SolidWorks Plastics.

3.1.1 Conceptos Básicos

Diseño 3D [18]: El software de gráficos 3D es el conjunto de aplicaciones que permiten la creación y manipulación de gráficos 3D por computadora. Estas aplicaciones son usadas tanto para la creación de imágenes como en la animación por computadora. se refiere a trabajos de arte gráfico que son creados con ayuda de software y programas especiales en general, o de términos, de técnicas y tecnología relacionadas con los gráficos de dimensiones altamente concentradas pueden ser grises o azul con rojo.

Un gráfico 3D difiere de uno bidimensional principalmente por la forma en que ha sido generado. Este tipo de gráficos se originan mediante un proceso de cálculos matemáticos sobre entidades geométricas tridimensionales producidas en un ordenador, y cuyo propósito es conseguir una proyección visual en dos dimensiones para ser mostrada en una pantalla o impresa en papel.

En general, el arte de los gráficos tridimensionales es similar a la escultura o la fotografía, mientras que el arte de los gráficos 2D es análogo a la pintura. En los programas de gráficos por computadora esta distinción es a veces difusa: algunas aplicaciones 2D utilizan técnicas 3D para alcanzar ciertos efectos como iluminación, mientras que algunas aplicaciones 3D primarias hacen uso de técnicas 2D.

Impresión 3D [19]: Es un grupo de tecnologías de fabricación por adición donde un objeto tridimensional es creado mediante la superposición de capas sucesivas de material. Las impresoras 3D son por lo general más rápidas, más baratas y más fáciles de usar que otras tecnologías de fabricación por adición, aunque como cualquier proceso industrial, estarán sometidas a un compromiso entre su precio de adquisición y la tolerancia en las medidas de los objetos producidos. Las impresoras 3D ofrecen a los desarrolladores de producto, la capacidad para imprimir partes y montajes hechos de diferentes materiales con diferentes propiedades físicas y mecánicas, a menudo con un simple proceso de montaje. Las tecnologías avanzadas de impresión 3D, pueden incluso ofrecer modelos que pueden servir como prototipos de producto.



Figura 3.2. Representación de una impresora 3D

Desde 2003 ha habido un gran crecimiento en la venta de impresoras 3D. De manera inversa, el coste de las mismas se ha reducido. Esta tecnología también encuentra uso en los campos tales como joyería, calzado, diseño industrial, arquitectura, ingeniería y construcción, automoción y sector aeroespacial, industrias médicas, educación, sistemas de información geográfica, ingeniería civil y muchos otros.

En los años 1980 se desarrollaron equipos y materiales de fabricación de aditivos tempranos. En 1981, Hideo Kodama, del Instituto Municipal de Investigaciones Industriales de Nagoya, inventó dos métodos de fabricación AM de un modelo de plástico tridimensional con un polímero fotoendurecible, en el que el área de exposición a los rayos UV era controlada por un patrón de máscara o transmisor de fibra de barrido. Pero el 16 de julio de 1984, Alain Le Méhauté, Olivier de Witte y Jean Claude André presentaron su patente para el proceso de estereolitografía. Fue tres semanas antes de que Chuck Hull presentase su propia patente de estereolitografía. La aplicación de los inventores franceses fue abandonada por la compañía General Electric francesa (ahora Alcatel-Alstom) y CILAS (The Laser Consortium). La razón aducida fue "por falta de perspectiva empresarial".

Luego en 1984, Chuck Hull de 3D Systems Corporation⁹ desarrolló un sistema prototipo basado en el proceso conocido como estereolitografía, en el que se añaden capas mediante el curado de fotopolímeros con láseres de rayos ultravioleta. Hull definió el proceso como un «sistema para generar objetos tridimensionales mediante la creación de un patrón transversal del objeto a formar», pero esto ya había sido inventado por Kodama. La contribución de Hull fue el diseño del formato de archivo STL (STereoLithography) ampliamente aceptado por el software de impresión 3D, así como las estrategias digitales de corte y relleno comunes a muchos procesos actuales. El término «impresión en 3D» se refería originalmente a un proceso que empleaba cabezales de impresión de chorro de tinta estándar y personalizada. La tecnología utilizada por la mayoría de las impresoras 3D hasta la fecha —especialmente los modelos aficionados y orientados al consumidor— es el modelado de deposición fundido, una aplicación especial de extrusión de plástico.

El aditivo de fabricación se lleva a planos virtuales de diseño asistido por ordenador (CAD) o el software de modelado y animación, se encuentran en secciones digitales para la máquina para utilizar sucesivamente como una guía para la impresión. Dependiendo de la máquina que se utiliza, el material o un material de unión se deposita sobre el lecho de construcción o de la plataforma hasta que el material de estratificación / aglutinante es completa y el modelo 3D final ha sido "impreso". Una interfaz estándar de datos entre el software CAD y de las máquinas es el formato de archivo STL (STL (siglas provenientes del inglés "STereo Lithography")) es un formato de archivo informático de diseño asistido por computadora (CAD) que define geometría de objetos 3D, excluyendo información como color, texturas o propiedades físicas que sí incluyen otros formatos CAD). Un archivo STL se aproxima a la forma de una pieza o un ensamblaje utilizando facetas triangulares. Facetas más pequeñas producen una superficie de mayor calidad. CAPA es un formato de archivo de entrada analizador generado, y VRML (WRL) o archivos a menudo se utilizan como entrada para las tecnologías de impresión 3D que son capaces de imprimir a todo color.

Un gran número de tecnologías en competencia están disponibles para la impresión 3D; sus principales diferencias se encuentran en la forma en la que las diferentes capas son usadas para crear piezas. Algunos métodos usan fundido o ablandamiento del material para producir las capas, por ejemplo sinterizado de láser selectivo (SLS) y modelado por deposición fundida (FDM), mientras que otros depositan materiales líquidos que son curados con diferentes tecnologías. En el caso de manufactura de objetos laminados, delgadas capas son cortadas para ser moldeadas y unidas juntas. Cada método tiene sus propias ventajas e inconvenientes; por ello, algunas compañías ofrecen elegir entre polvos y polímero como material de fabricación de la pieza según sean las prioridades del cliente. Generalmente las consideraciones principales son velocidad, coste del prototipo

impreso, coste de la impresora 3D, elección y coste de materiales, así como capacidad para elegir el color. Un método de impresión 3D consiste en el sistema de impresión por inyección. La impresora crea el modelo de capa en capa esparciendo una capa de la sección de la pieza. El proceso es repetido hasta que todas las capas han sido impresas. Esta tecnología es la única que permite la impresión de prototipos a todo color, permitiendo además, extraplanos o salientes.

Smilodon [20]

Smilodon es un género extinto de félido dientes de sable de la subfamilia de los macairodontinos. El macho más grande de la especie *Smilodon populator* pudo pesar hasta 300 kg, rivalizando con el tigre moderno por el título de félido más grande de todos los tiempos. Apareció en América del Norte a finales del Plioceno y se extinguió en América del Sur durante el Gran intercambio americano. La característica más distintiva son sus enormes caninos, que lo convierten en uno de los mamíferos prehistóricos más populares. A veces se les denomina «gatos de dientes de sable» (término impreciso, ya que existieron otros felinos dientes de sable que no estaban relacionados) o «tigres de dientes de sable» (también incorrecto porque tampoco eran tigres). Se extinguieron a raíz de los cambios climáticos que tuvieron lugar a finales del Pleistoceno y la modificación de los ecosistemas que ocasionaron estos cambios, pero es posible que la llegada de los humanos también contribuyera a su extinción.

El cerebro de *Smilodon* tenía en proporción a su peso un tamaño menor comparado con los grandes felinos actuales; pero a diferencia de estos, tenía un bulbo olfatorio más desarrollado. Esto permite intuir que este macairodóntido tenía un buen sentido del olfato. Un ejemplar adulto pesaba entre 55 y 300 kilogramos, según la especie a la que perteneciera. Tenía un cuello muscular y largos colmillos. Su metatarso y cola relativamente corto, indican que era menos rápido que los grandes felinos actuales. En cambio, sus extremidades eran muy potentes;

Las anteriores estaban dotadas de potentes músculos flexores y extensores y las posteriores estaban dotadas de poderosos músculos aductores que podrían haber contribuido a mantener la estabilidad mientras luchaba con las grandes presas que cazaba. La gran fuerza de las extremidades anteriores le resultaba especialmente útil si se tiene en cuenta la dificultad que le representaría sostener a sus grandes presas a ras de suelo mientras las sometía. Como en la mayoría de felinos, sus garras eran retráctiles. Muchas de estas características hacen que *Smilodon* se asemejara más al lince rojo que a los grandes félidos como el león y el tigre. La presencia de dientes de sable en la totalidad de los ejemplares de *Smilodon* descubiertos indica que los colmillos no formaban parte de ningún tipo de dimorfismo sexual, sino que ambos sexos los poseían.

Del mismo modo, las dimensiones corporales entre ambos sexos no variaban mucho, por lo que si en verdad este felino vivió en grupos, su manada bien pudo tener comportamientos similares a la de los actuales cánidos o hienas. Los dientes de sable representan una versión más grande de los caninos de los felinos. En ocasiones se les denominan «gatos de dientes de sable» o «tigres de dientes de sable», pero ambas son incorrectas. Los dientes de sable se suelen asociar con los felinos macairodóntinos, pero esta característica ha aparecido en forma independiente (evolución convergente) como mínimo en cuatro tipos diferentes de mamíferos; los macairodóntinos, los nimrávidos, los creodontos, y los borhiénidos. Dentro de los grupos mencionados, *Smilodon* poseía los dientes de sable más largos; en el caso de *Smilodon populator* llegaban a medir hasta veinte centímetros. Los colmillos tardaban más tiempo en crecer que los caninos normales. Mediante el estudio de las variaciones en los isótopos del oxígeno, presentes en los dientes fósiles hallados en el Rancho La Brea, Los Ángeles, Robert S. Faranec llegó a la conclusión de que *S. fatalis* tardaba dieciocho meses en desarrollar sus colmillos por completo. El ritmo de crecimiento dental era más rápido que el de los leones actuales; la causa de la demora para desarrollar sus colmillos se debía a que estos tenían que alcanzar una mayor longitud.



Figura 3.3. Representación gráfica de un *Smilodon*

Los felinos suelen matar a las presas mordeándolas en la nuca, fracturándoles la columna cervical. Para hacerlo, los grandes felinos utilizan colmillos especialmente adaptados para romper huesos. En cambio, la finalidad de los dientes de sable no era esta, ya que por su longitud eran relativamente frágiles y susceptibles de romperse si el animal los utilizaba para partir huesos. Es mucho más probable que tuviesen una utilidad letal doble; *Smilodon* los utilizaría para morder el cuello de las presas, bloqueándoles el flujo respiratorio por la tráquea y cortándoles las principales arterias que irrigan el cerebro. Para que esta operación no supusiera un riesgo para los dientes de sable, el animal debía mantener inmovilizada a la presa.

A pesar que tenía una constitución más fuerte comparado con los otros grandes felinos, la mordedura de Smilodon era más débil. Los grandes felinos actuales tienen agujeros cigomáticos más pronunciados, mientras que en Smilodon eran más pequeños; en tal grado, que limitaban la potencia del músculo temporal, reduciendo la potencia de su mordedura. El análisis de su estrecha mandíbula indica que solamente podía morder con el tercio de la potencia de un león. Los dientes de sable con los colmillos más largos tenían una mordedura proporcionalmente más débil. Del mismo modo, los análisis de la fuerza de torsión de los caninos (la capacidad de los dientes caninos de resistir fuerzas de torsión sin partirse) indican que los dientes eran más fuertes en relación con la potencia de mordedura que los grandes felinos actuales. Además, Smilodon podía abrir la boca hasta un ángulo de 120°, mientras que el león solamente posee una apertura de 65°. El comportamiento social de este felino es incierto. Según algunos paleontólogos, el hallazgo de fósiles con heridas graves es una prueba de que Smilodon vivía en grupos, ya que el análisis de los huesos muestra que éstos se encontraban curando. Esto resultaría imposible si se tratara de un cazador solitario, pues habría muerto mucho antes. Esto evidencia que los Smilodon cuidaban de los compañeros heridos o, como mínimo, que compartían el alimento con ellos. Además, vivir en grupos también habría ayudado a competir contra los leones americanos, los Homotherium serum, osos de cara corta, osos pardos, negros y los lobos Canis dirus y grises. En caso de que Smilodon hubiera vivido en grupos, lo más probable es que cada grupo estuviera compuesto por uno o dos machos dominantes que lideraban a varias hembras en edad de reproducción, a las crías, y a algunos machos adolescentes demasiado jóvenes como para representar una amenaza para los machos dominantes. En algunos grupos de Smilodon se han encontrado más fósiles con heridas que en otros, lo cual indica que se trataban de grupos compuestos exclusivamente de machos que combatían entre ellos para conseguir una posición de dominación o para expulsar al macho dominante. A causa de su tamaño, los dientes de sable tardaban más en crecer que los dientes caninos normales. Por este motivo, es posible que los ejemplares jóvenes no pudieran hacer uso de ellos para cazar y se vieran obligados a mantenerse dentro del grupo, siendo alimentados por los adultos durante un tiempo mayor que los grandes felinos actuales. Smilodon se extinguió hace aproximadamente doce mil años, como parte de la megafauna que desapareció a finales del Pleistoceno. Otras víctimas de esta extinción fueron los mamuts, los ciervos gigantes y los forusrácidos. Parece que independientemente de las causas de la extinción, estas no afectaron directamente a Smilodon, siendo en lugar de ello una consecuencia de la desaparición de las grandes presas que cazaba. Posteriormente, a ser incapaz de adaptarse para atrapar presas más pequeñas y rápidas, a causa de su constitución pesada, se extinguió por falta de alimento. Como en el caso de la mayoría de animales de la megafauna del Pleistoceno, existen tres teorías principales para explicar la extinción de los grandes mamíferos y, por consiguiente, de Smilodon.

Capítulo IV

4.1 Procedimientos y descripción de las actividades realizadas

4.1.1 Primera etapa: investigación bibliográfica.

Centrados en el diseño e implementación de un Animatronic que simulara las características morfológicas de un “Smilodon”, se dio a la tarea básica de la investigación.

El principal problema fue que hoy en día no existen especímenes vivos en los cuales sirvieran de guía para tener una representación exacta del animal. El esqueleto de este se recreó mediante los restos fósiles y el resto (músculos, piel, detalles físicos externos) fue aproximado en base a los criterios encontrados en nuestra investigación.

Un Smilodón medía (en base a sus restos fósiles) entre 2m y 2.40m de largo y aproximadamente 1.10m de alto, por lo que se decidió realizar una representación de 80cm de largo y 40cm de alto, basados en una escala de 1 a 3, esto para facilitar el transporte del proyecto a los lugares en donde fuera requerido.

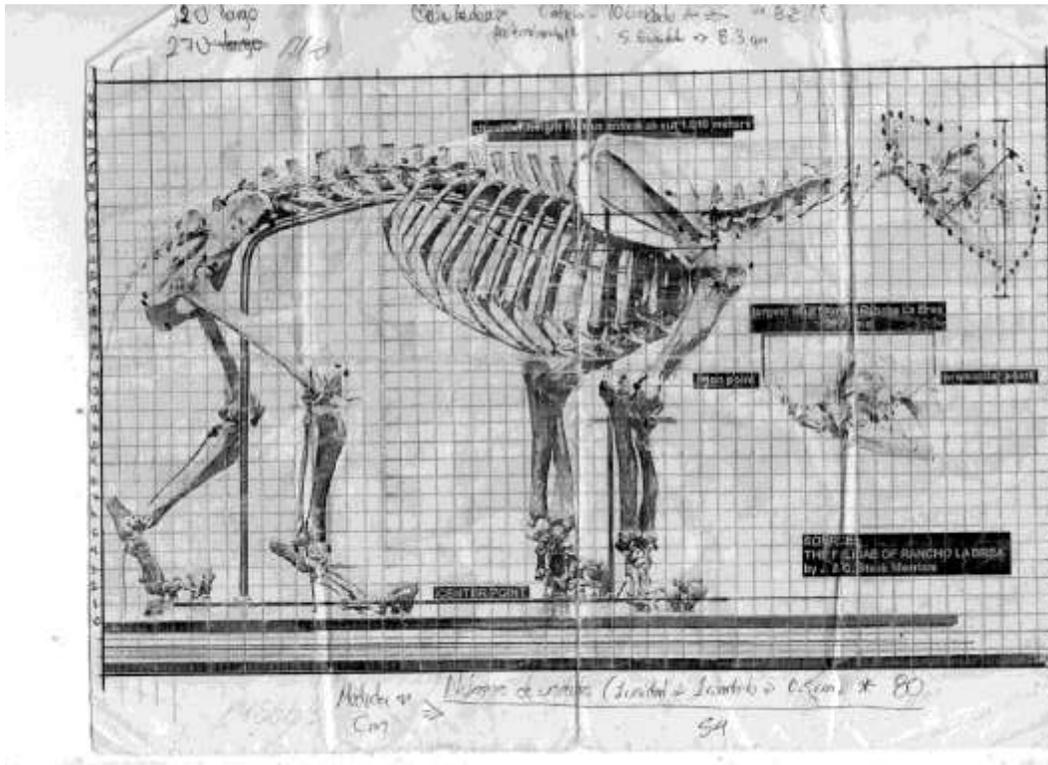


Figura 4. Fotografía del esqueleto real del Smilodon, el cual funge como base para escalar del Animatronic

Se utilizó una fórmula matemática para representar las medidas exactas del esqueleto y cuidar las proporciones.

- Cuadricular una imagen de este, a cual dimon por nombre “unidad” a cada cuadrado de 5mm de largo por 5mm de ancho.
- Se tiene como referencia 54 unidades de largo en la imagen
- Se tiene como referencia 27 unidades de alto en la imagen.
- Tomar como referencia 80 cm de largo para el Animatronic
- Tomar como referencia 40 cm de alto para el Animatronic

Para encontrar una fórmula matemática que respondiera las interrogantes del diseño, sé hace una regla de 3 que responde a:

- Si se necesita un Animatronic de 80 cm de largo...
- Si la imagen proporciona 54 unidades de largo para el Animatronic...

“Si 54 Unidades representan 80 cm, entonces”

¿A cuántos cm equivale cada unidad?

$$\text{Medida en centímetros} = \{(\text{Número de unidades}) * (80\text{CM})\} / 54 \text{unidades}$$

Ecuación 1

Básicamente esta fue la principal fórmula utilizada para calcular las proporciones del proyecto.

Cuidando estas proporciones finales, se midió cada parte del esqueleto que se intentó representar de manera física y se obtuvo una medida en cm final que cuidaba la proporción del Animatronic.

¿Cómo medir un la longitud de un hueso en particular?

Si se retoma lo dicho con anterioridad, se sabe que cada 5mm se tiene la condición de 1 Unidad para posteriormente ser representada en centímetros, en base a eso y mediante la ayuda de una regla graduada se midió del punto de inicio al final de “x” hueso con el fin de conocer su longitud en cm. Posteriormente se multiplicó por 2 dicho valor o bien, se divide entre .5 para tener la respuesta en “Unidades”.

$$\text{Unidades} = (\text{Longitud en centímetros}) * 2$$

Ecuación 2

Esto se explica básicamente en que 5mm (largo de una unidad) es la mitad de 1 cm que es el prefijo elegido para tomar la medición.

Por ejemplo: Si se desea medir el largo que tendría el fémur del Animatronic, se mediría con una regla desde el punto de inicio al final de dicho hueso (recordando que cada 5mm se tiene la representación de una unidad) y en el ejemplo se tiene una medición de 5.25cm, que multiplicados por 2, para convertir a unidad dicha medición dan= 10.5 Unidades

$$\text{Unidades} = (\text{Longitud en centímetros}) * 2$$

Ecuación 2

$$\text{Unidades} = (5.25\text{cm}) * (2)$$

$$\text{Unidades} = 10.5$$

Y para finalmente conocer la medida en cm para el Animatronic (Todo lo anterior ha sido medir desde una imagen escalada, convertirla a unidades arbitrarias para posteriormente representarla en cm que cuidarán la proporción del proyecto) retomando la Ec. 1

$$\text{Medida en centímetros} = \{(\text{Número de unidades}) * (80)\} / 54$$

Ecuación 1

4.1.2 Segunda etapa: procedimiento de construcción del exoesqueleto y evidencia fotográfica.

Una vez explicado el proceso de medición de cada hueso en particular, se dio a la tarea de representar cada hueso en particular. Se basó todo el diseño del exoesqueleto en aluminio de tipo cuadrado, puesto que es un material muy resistente, económico y ligero, características ideales para el proyecto.



Figura 4.2. Fémures realizados con 2 piezas de aluminio cuadrado.

Como se puede observar en estas piezas, se representan los 2 fémures del Animatronic, cada una de 15.5 cm de largo con unas perforaciones para espárragos de 3/8" que serán los encargados de ensamblar las piezas a la estructura final.



Figura 4.3. Exoesqueleto con 4 baleros soldados, los cuales fungen como codos y rodillas.

Se observa el primer montaje, la columna vertebral se observa como una unidad sólida y sin movimiento. Igualmente se observa el montaje de las extremidades superiores: con los sistemas de movimiento en codos y rodillas.



Figura 4.4. Exoesqueleto al que se le ha añadido el cuello, adherido a la columna mediante una bisagra

Como se observa, cada parte hasta este punto ya estaba representada y se comenzó a tomar en cuenta las zonas en donde el Animatronic tendría movimiento, esto era básicamente en lo que se describe como hombros, rodillas y el cuello, se procedió a realizar un mecanismo que permitiera obtener los movimientos de dichas extremidades. Las líneas verticales dibujadas en el cuello fueron referencia de los puntos en donde el cuello debía coincidir con la región del pecho a los ángulos de 0 grados y aproximadamente 30 grados cuando el cuello fuese erguido.

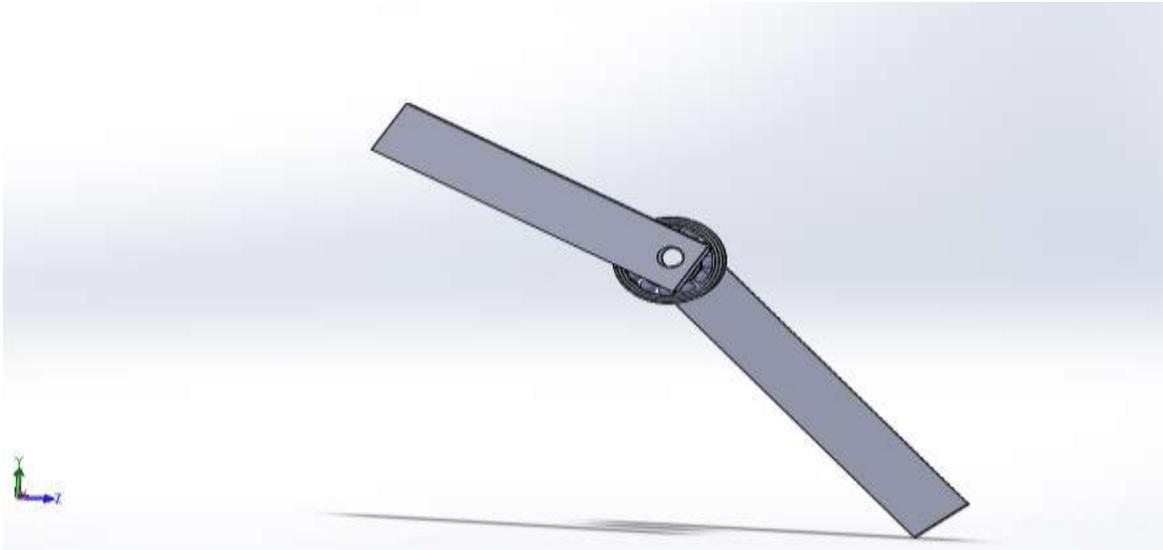


Figura 4.5. Diseño en solidworks del mecanismo del rodaje



Figura 4.6. Vista anterior del exoesqueleto

Vista anterior de la primera etapa del Animatronic en donde se observa la representación de las extremidades superiores como son los Omóplatos y la cadera que dan ángulos muy particulares de la forma del cuerpo del Smilodon.



Figura 4.7. Exoesqueleto completamente terminado, anclado a suelo y con todas sus articulaciones funcionales.

Se observa que se llegó a la parte final del diseño del exoesqueleto, este fue montado sobre una superficie plana de madera que sirve como base. El cuello y todos los demás movimientos propuestos con anterioridad ya pueden ser simulados de manera mecánica y no tienen ningún limitante. Cabe destacar los movimientos en codos, rodillas, caderas y hombros, que son los principales puntos en donde se centró el diseño.

4.1.3 Etapa de pruebas del movimiento en base a pistones.



Figura 4.8. Vista superior del exoesqueleto con los pistones integrados.

Como se observa se comenzó con el diseño de la etapa de movimiento automatizado, en este caso se utilizó un pistón Festo de doble efecto el cual estará encargado del movimiento en la parte anterior del Animatronic (Piernas delanteras), el cual mediante un sistema de rotación hecho a base de baleros permite la movilidad de este, por siempre inercia al este retraerse y salir, da los movimientos característicos de la parte anterior.



Figura 4.9. Como parte del sistema de movimiento trasero, se implementó un pistón de doble efecto Festo, el cual mediante una acción mecánica y de fricción provoca el estiramiento de 1 pierna trasera, el cual a su vez provocaba el movimiento de la segunda. Por simple gravedad al momento de que el pistón descendía, toda la parte trasera lo hacía sin problema alguno.



Figura 4.10. Se observa como el pistón delantero y trasero han sido implementados. Se nota el tercer pistón de doble efecto incluido en la zona del cuello, el cual es encargado del movimiento vertical de este, atornillado a la placa, da un control absoluto de este.

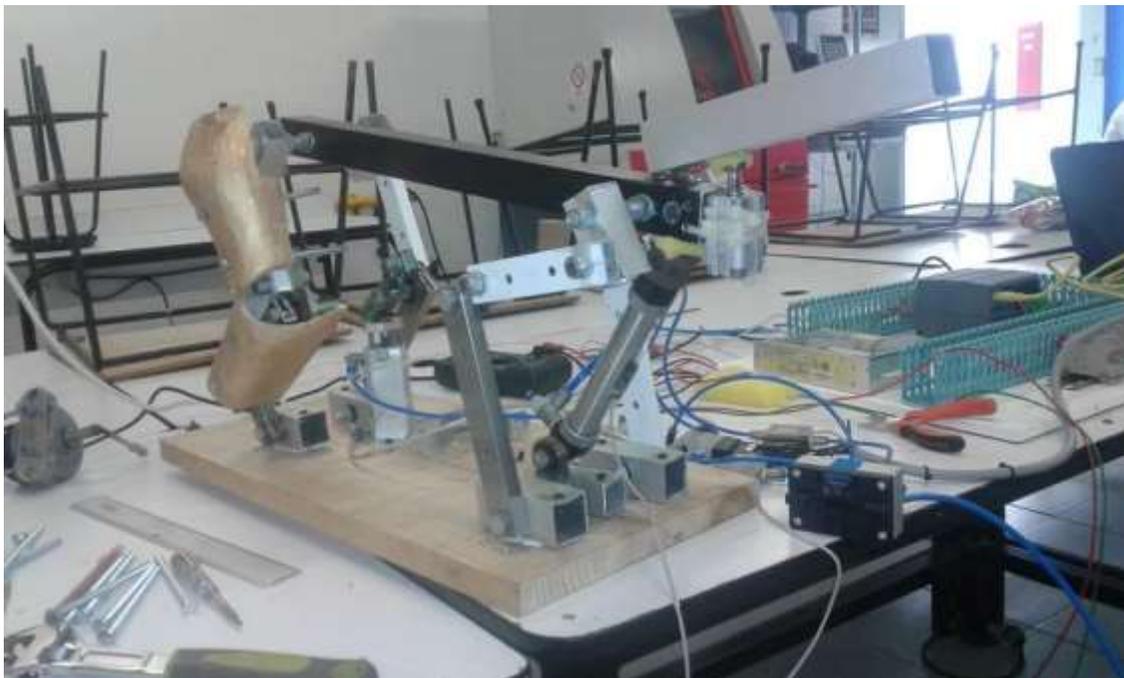




Figura 4.11. Vista del exoesqueleto con todo el sistema neumático

Se nota que todo el sistema neumático se ha conectado a todos los pistones y se agregó el último actuador, en este caso; uno giratorio con 90° de libertad, el cual es encargado del movimiento horizontal de la cabeza del Smilodon.

4.1.4 Tercera etapa: Diseño del recubrimiento con Software Cad (Solidworks).

Solidworks es un programa asistido por computadora que permite crear modelos mecánicos en 3D. El programa permite modelar piezas y conjuntos y extraer de ellos tanto planos técnicos como otro tipo de información necesaria para la producción, es así como se diseña cada una de las piezas que permitirá recubrir la parte del exoesqueleto del Animatronic.

Para el diseño de las piezas se utilizaron operaciones tales como: superficie, planos, recubrimiento, extruir corte, redondeo, simetría.

Descripción de la elaboración de las piezas.

Se abre la plataforma de inicio del programa Solidworks, y se selecciona para crear una pieza.

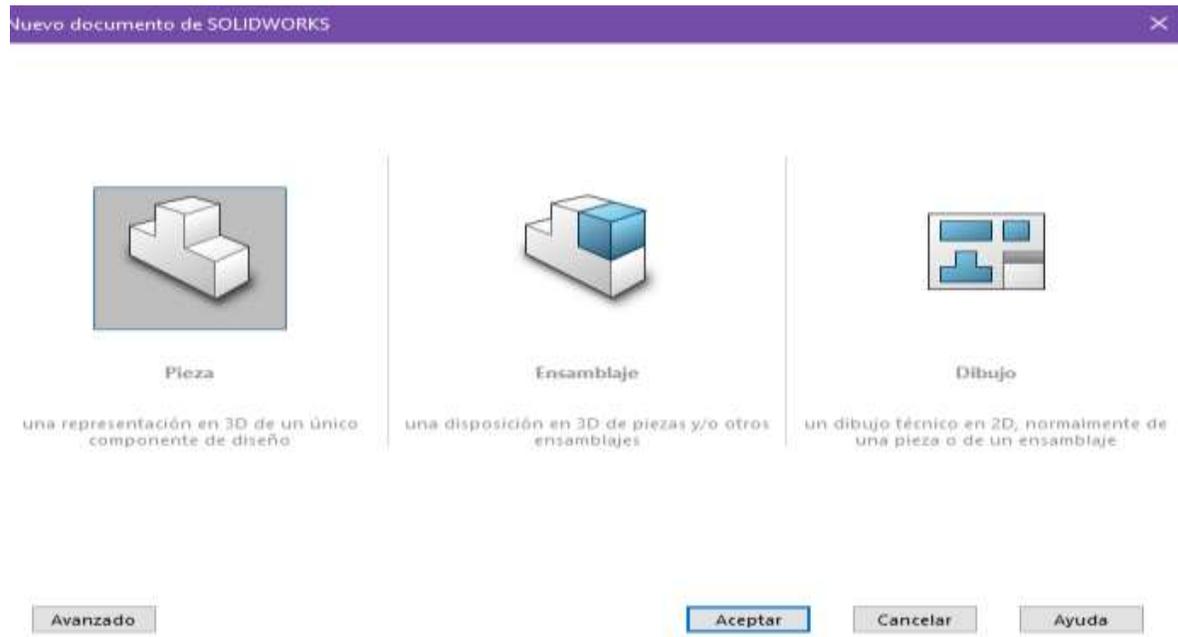


Figura 4.12. Vista de Inicio de solidworks

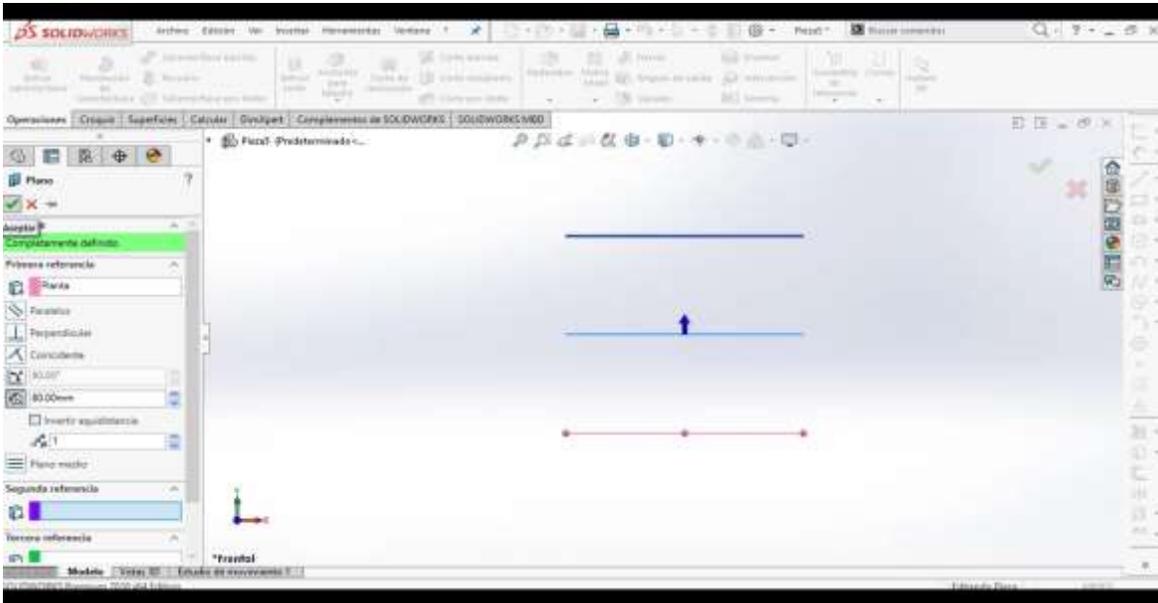


Figura 4.13. Vista de la distancia entre planos.

Se ubican los planos y se crea un croquis en cada uno de ellos para darle moldura a las piezas, con ayuda de insertar rectángulos, arco de 3 puntos, se diseña en cada uno de los croquis, se da forma al contorno de las piezas.

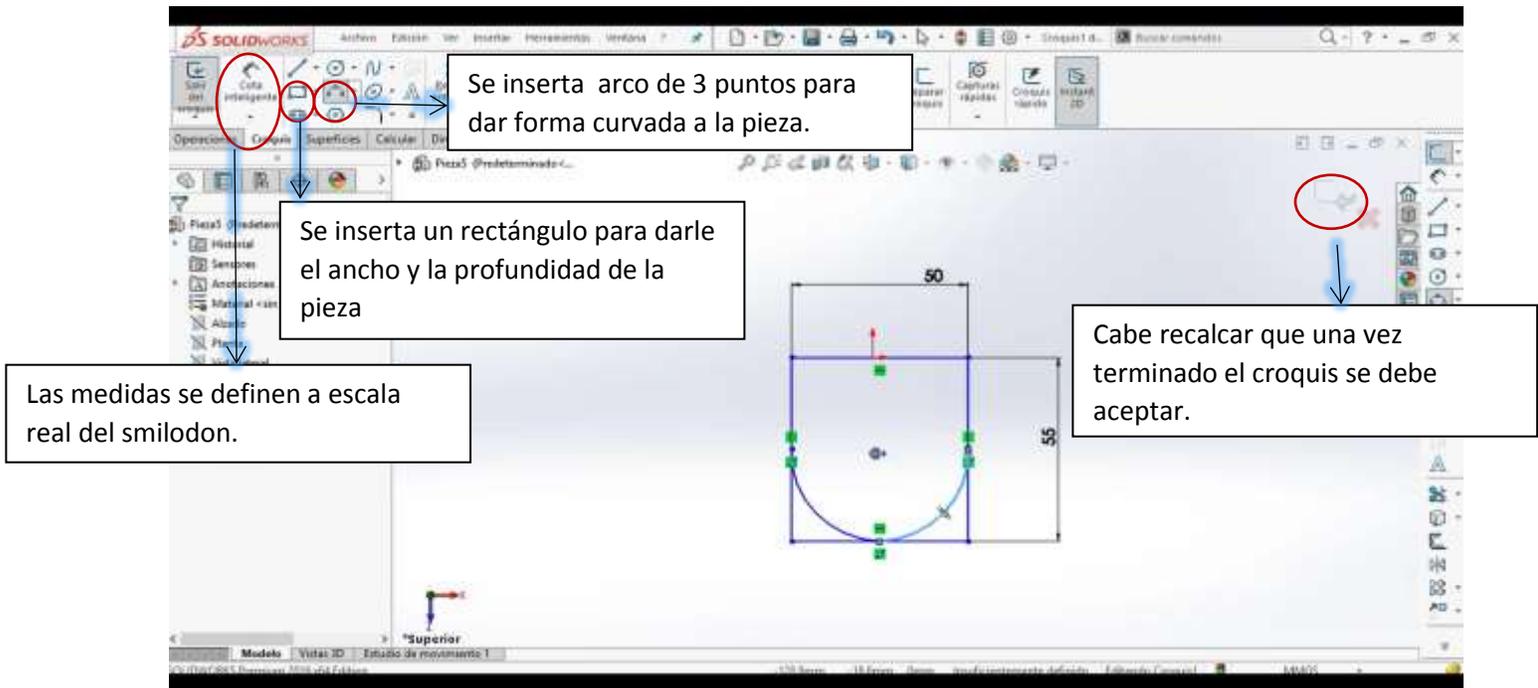


Figura 4.14. Acotación de las figuras.

En cada croquis creado se realiza el mismo procedimiento, insertar rectángulo, arco de 3 puntos, solo se cambian las medidas de acuerdo con la escala definida.

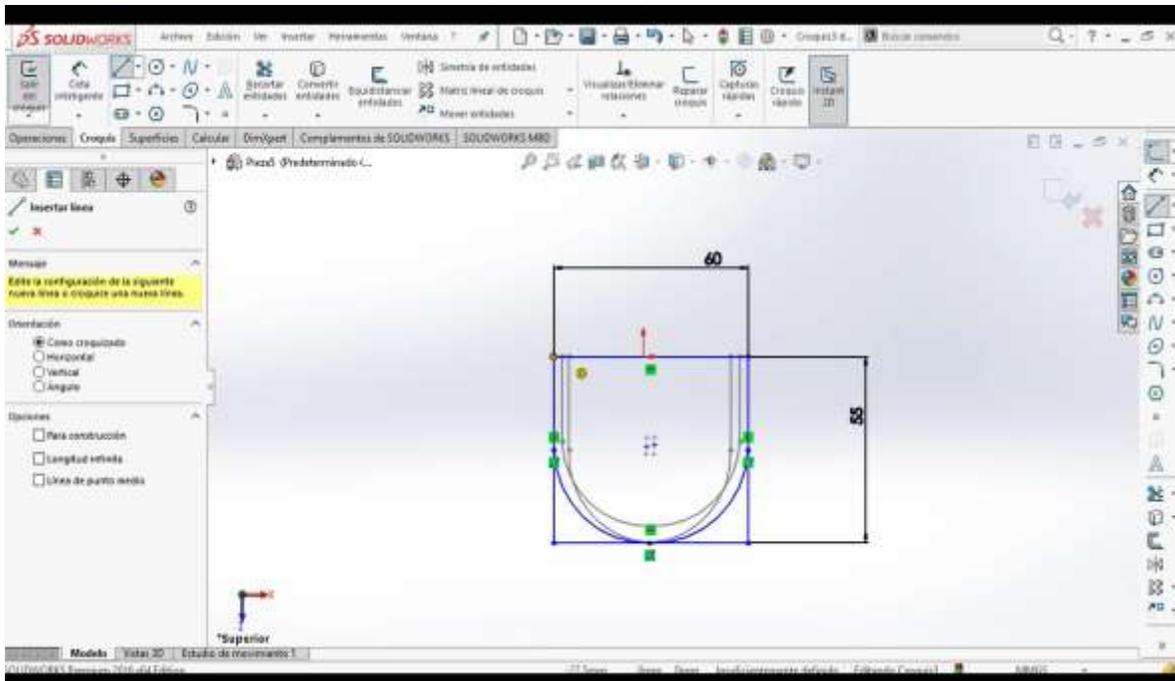


Figura 4.15. Definición de todos los planos.

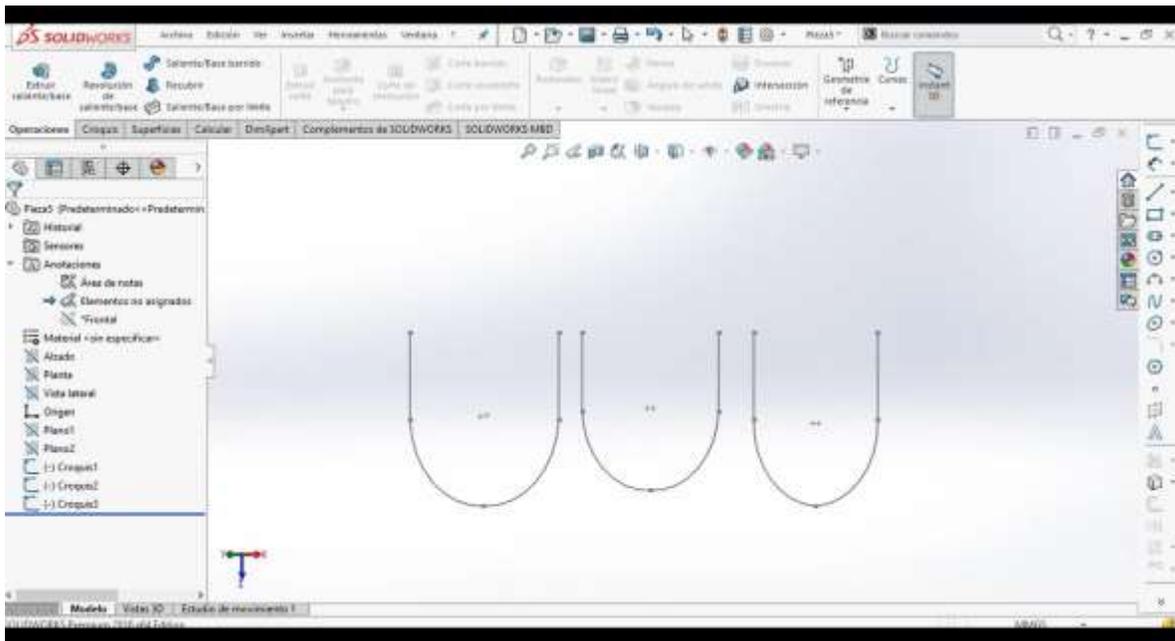


Figura 4.16. Vista terminada de los planos.

Una vez teniendo en cada plano diseñado el contorno de la pieza, se procede hacer un recubrimiento de cada una de ellas.

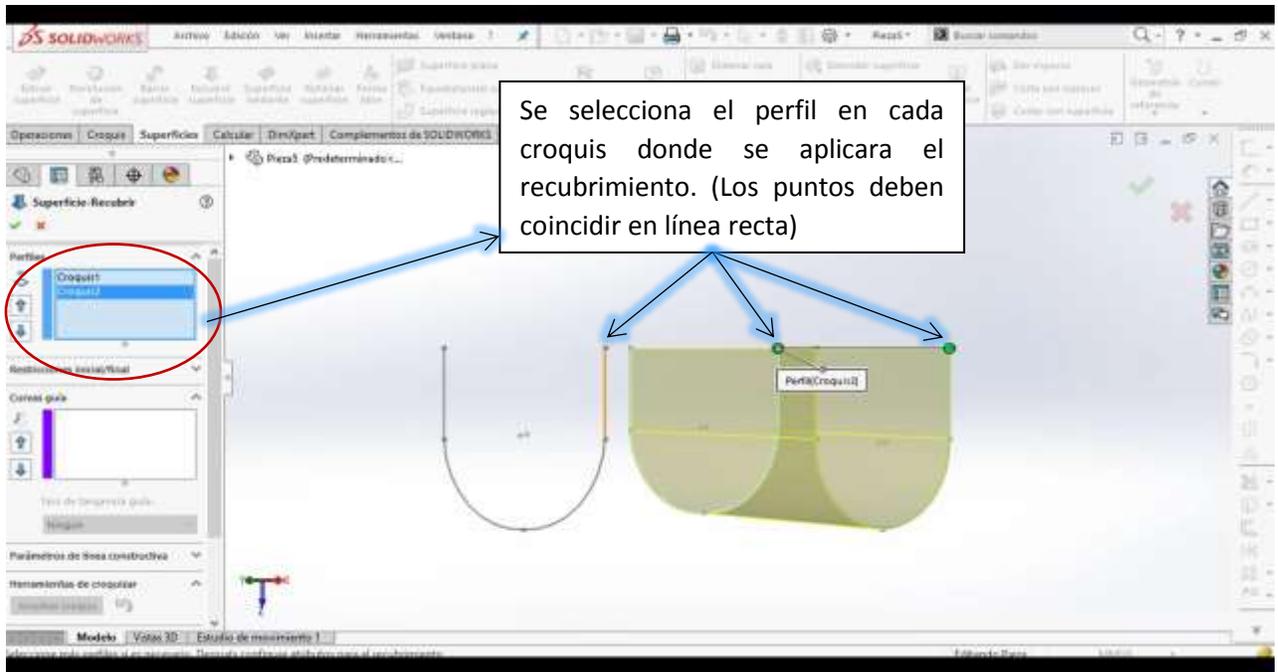


Figura 4.17. Enlace entre superficies punto a punto.

Para ello es necesario ir a superficie y seleccionar recubrir superficie, aunado a esto seleccionar el vértice en el contorno ubicado en cada uno de los planos.

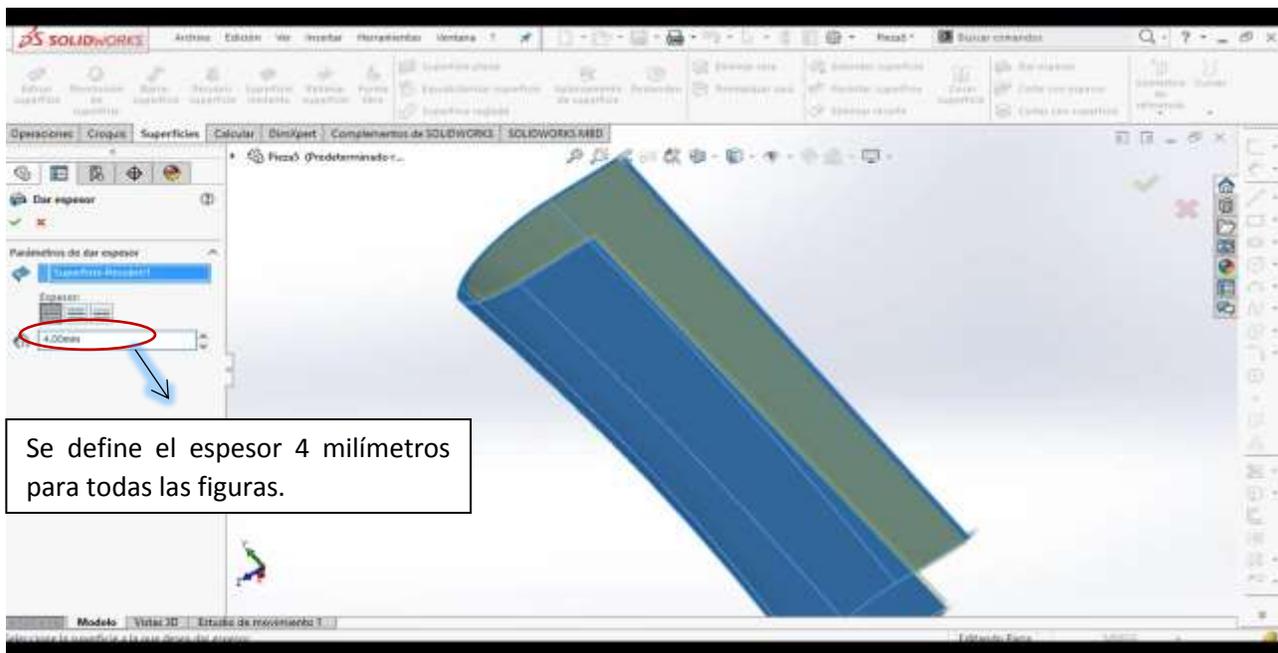


Figura 4.18. Definición del espesor.

Una vez realizado este proceso se selecciona dar espesor como se observa en la figura 4.17 de esa manera se le agrega volumen a la pieza, cabe recalcar que a hora ya se cuenta con una pieza totalmente sólida, solo falta hacer una extracción de corte esto para que permita el movimiento libre del Animatronic.

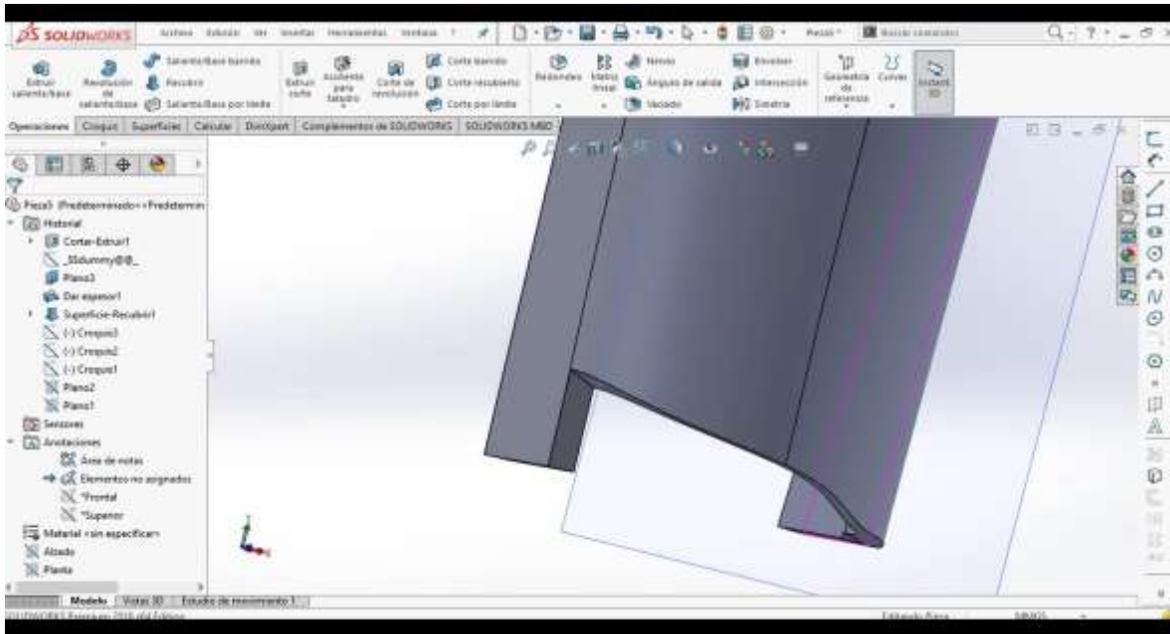


Figura 4.19. Vista del corte realizado por extracción.

El proceso de extruir corte es básicamente crear un plano en la vista donde se requiere hacer el corte, trazar la forma del corte que se quiere realizar y seleccionar extruir corte darle dirección y profundidad, de esa manera se puede obtener el corte deseado en este caso para la movilidad de las piernas.

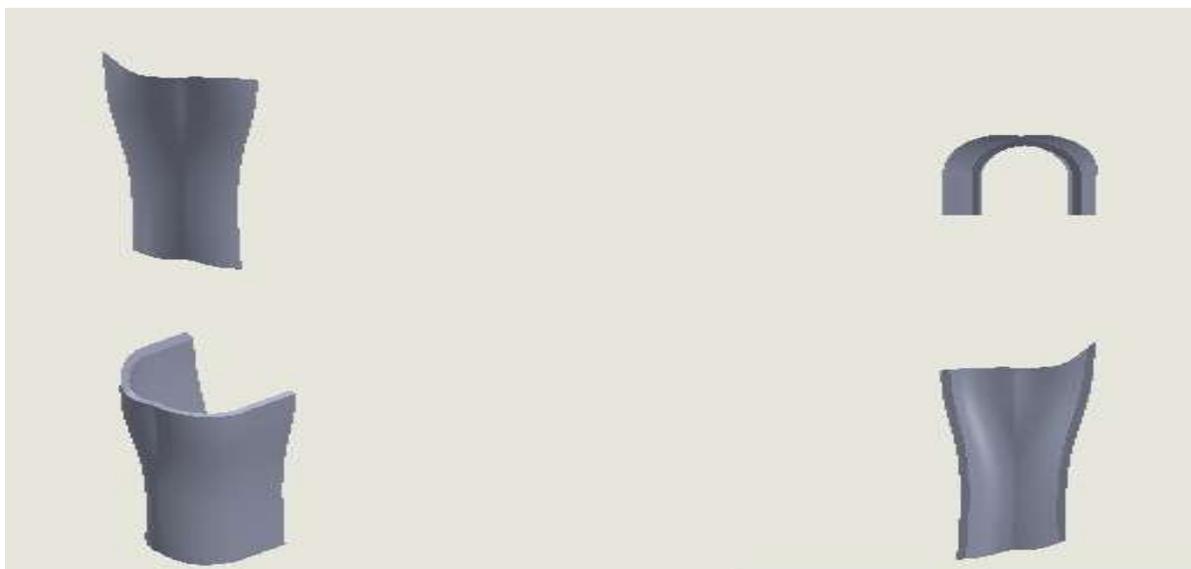


Figura 4.20. Pieza terminada, diseñada en 3 planos.

Este procedimiento se utilizó para diseñar cada pieza del Animatronic. Tal procedimiento se puede representar en el siguiente diagrama.

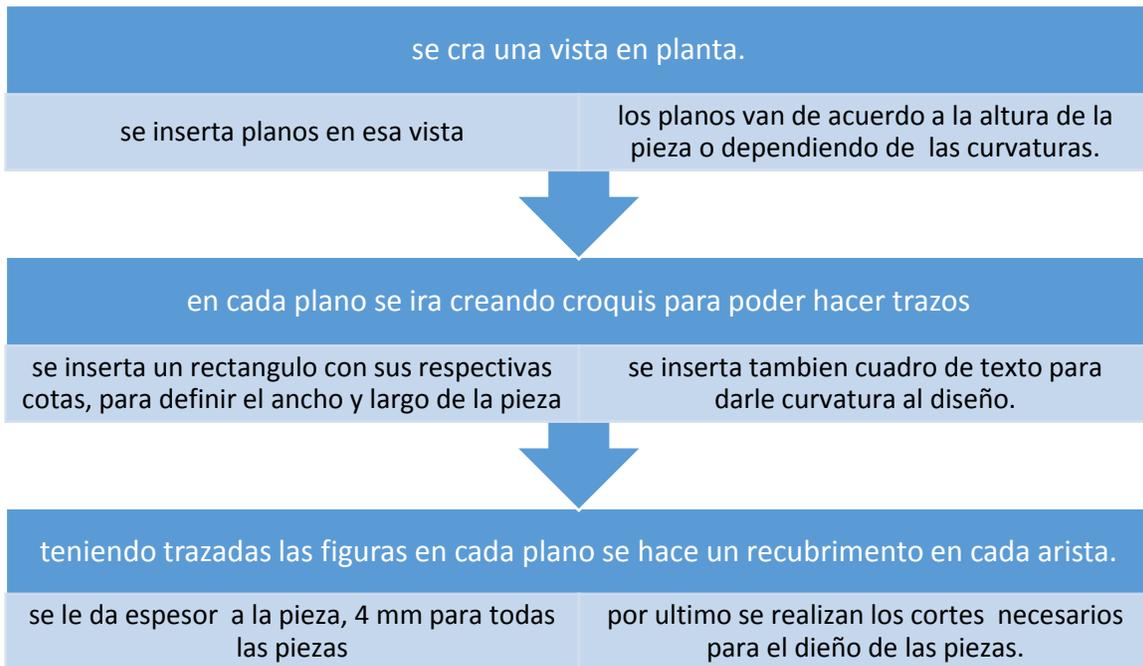


Figura 4.21. Diagrama de flujo para la creación de las piezas.

Se diseñó primeramente con este procedimiento la parte derecha del Animatronic.

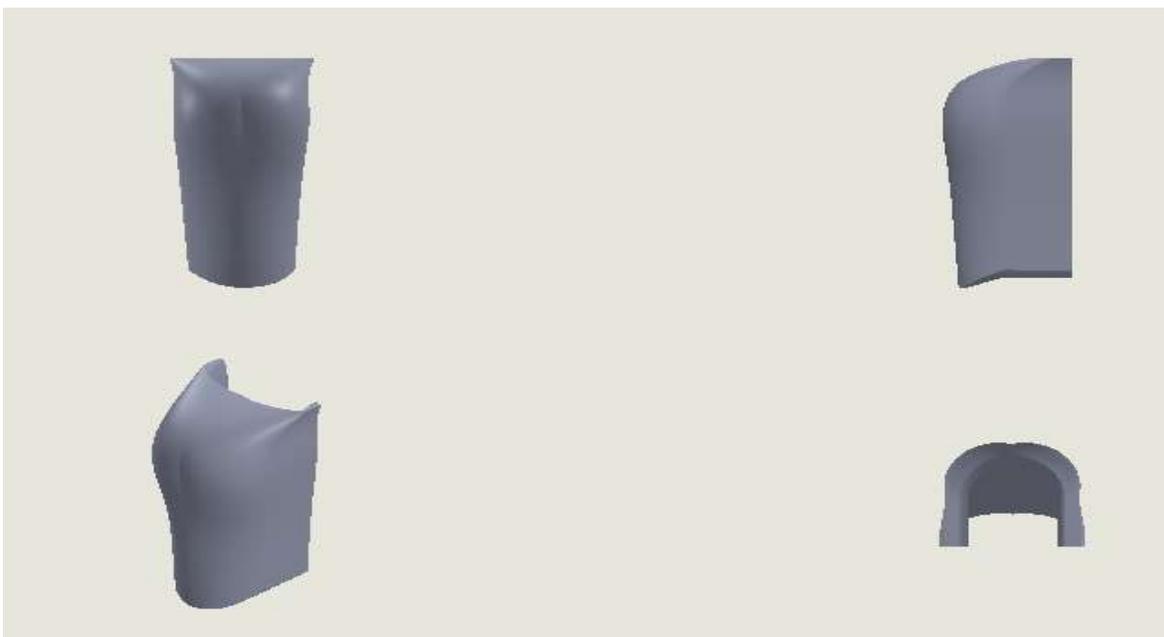


Figura 4.22. Vista isométrica, frontal, lateral y superior del Humeros.

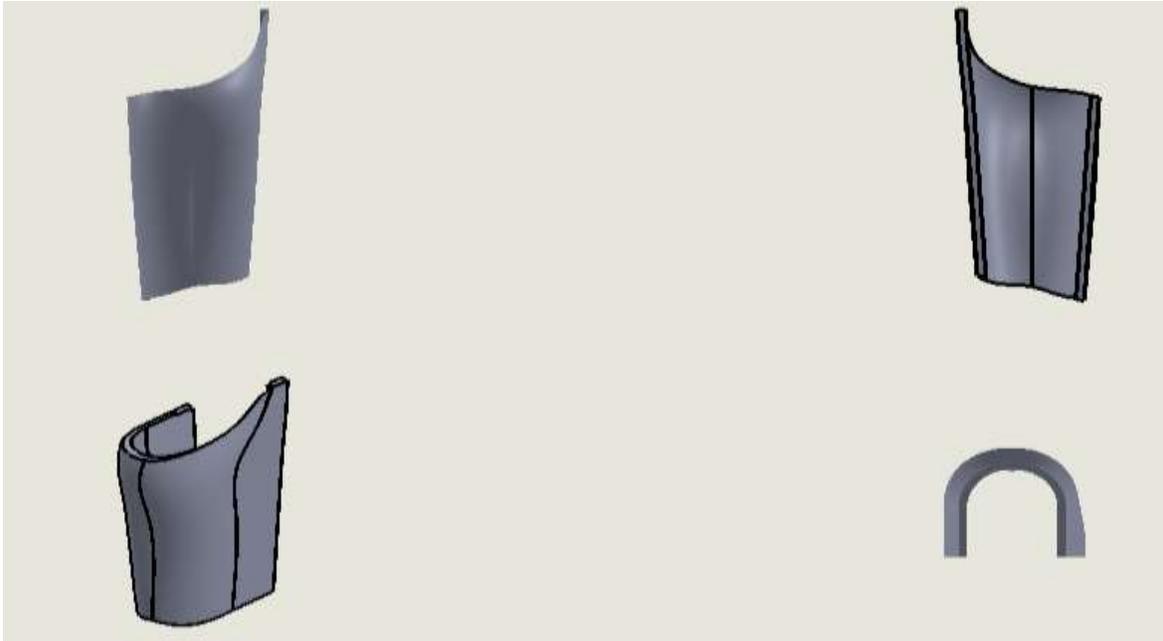


Figura 4.23. Vista isométrica, frontal, lateral y superior del tibia.

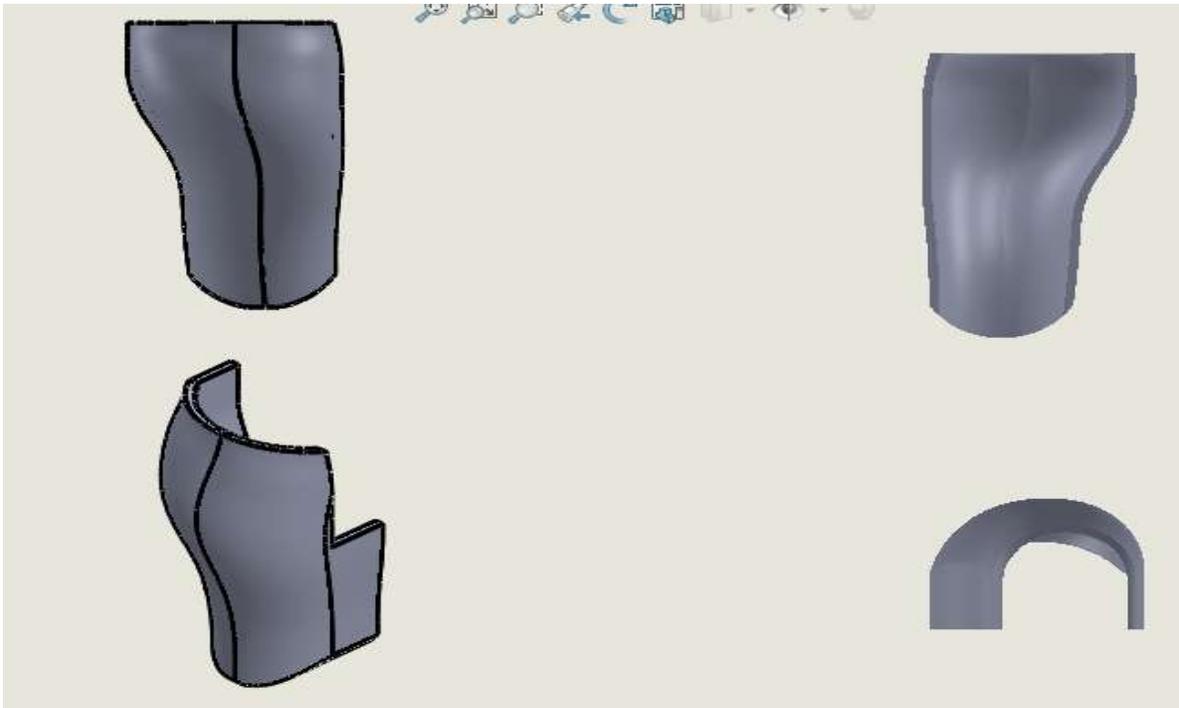


Figura 4.24. Vista isométrica, frontal, lateral y superior del fémur.

Cada una de las piezas es una escala de la parte real del Smilodon, y los cortes que en cada una de ellas se realizaron de tal manera que al ensamblarse tengan la libertad de poder flexionarse de manera adecuada.

Para crear la parte izquierda del Animatronic, se realizó simetría a cada pieza, la simetría hace un espejo de cada pieza para después con un simple corte quedarse con la parte que realmente interesa.

Para ello se seleccionó una vista como referencia para poder aplicar la simetría, la vista alzada ayudara a obtener la parte simétrica de la pieza, y retirar la parte restante en este caso la parte derecha de esa manera quedarse con la parte izquierda que es la que faltaría para recubrir.

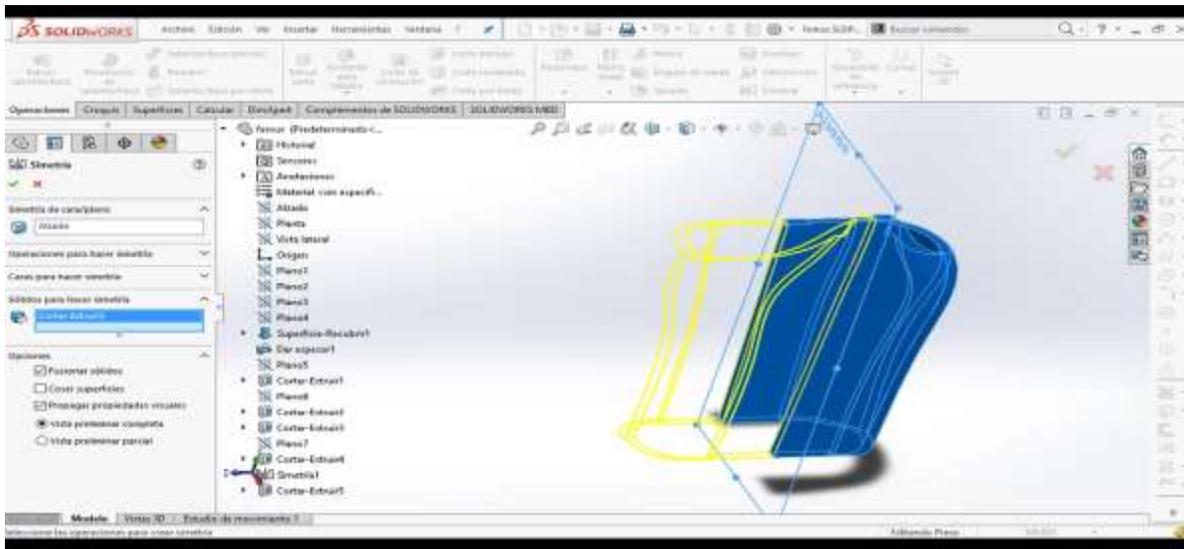


Figura 4.25. Vista previa de la pieza.

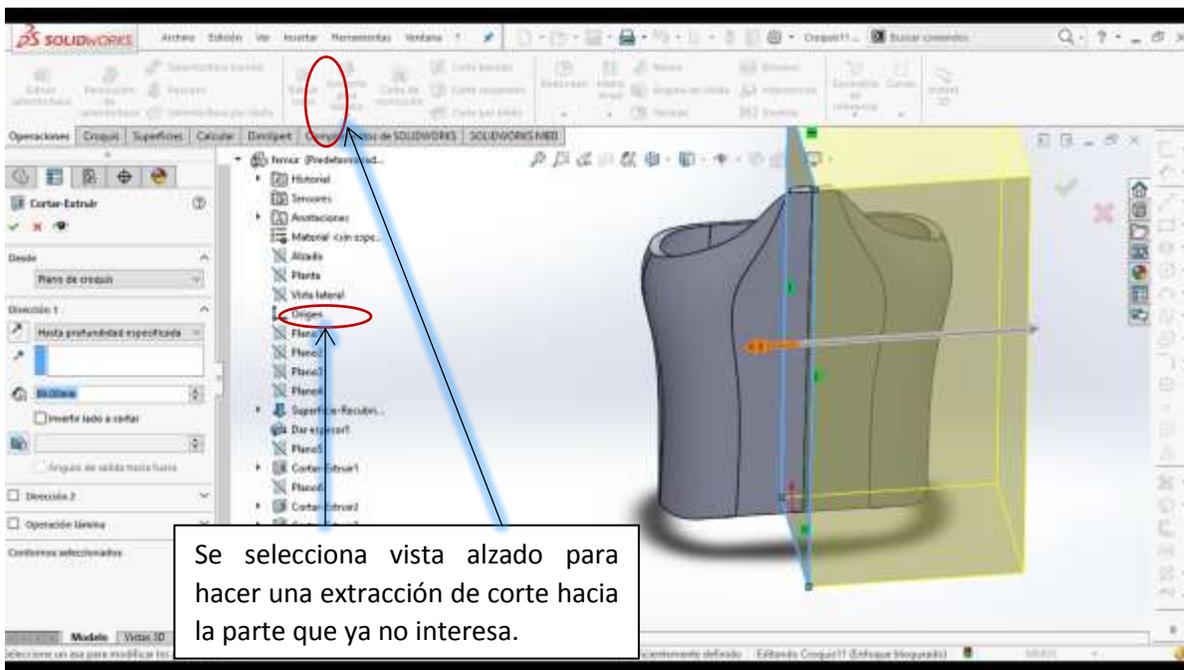


Figura 4.26. Corte de la pieza restante.

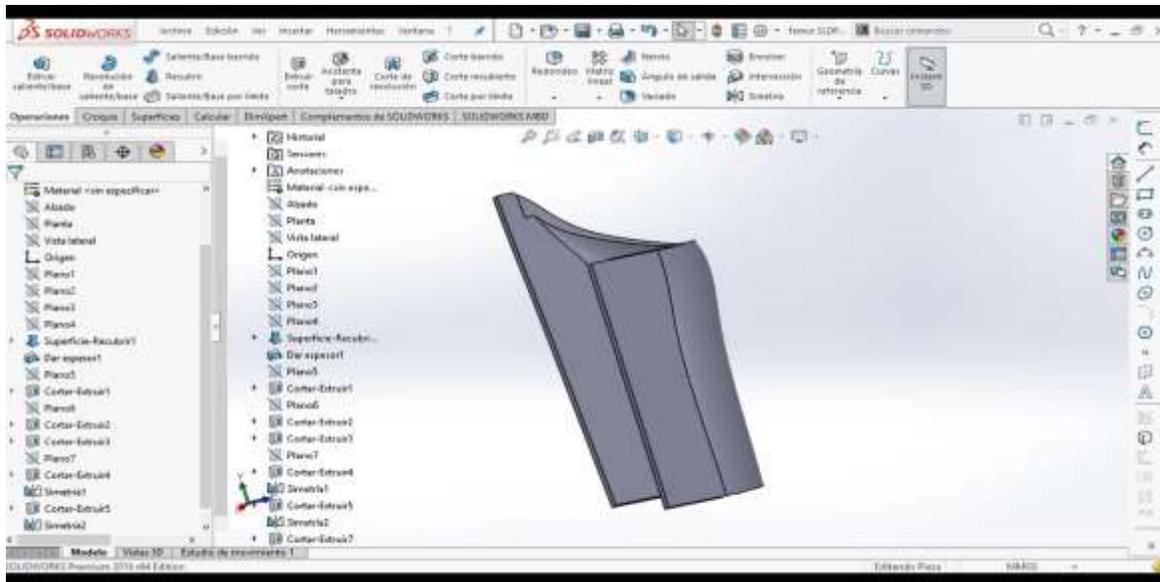


Figura 4.27. Vista de la parte izquierda terminada

De esta manera se obtuvieron las piezas para recubrir el exoesqueleto del Animatronic, con el procedimiento descrito en la imagen 4.21. Cabe recalcar que el diseño de cada pieza se hizo a partir de la forma que tiene cada parte del Smilodon, añadiéndole el movimiento que en cada pierna realiza.

Finalmente una vez realizadas las piezas del cuerpo del Animatronic Smilodon se realiza el ensamble final, como se muestra en la figura 4.27

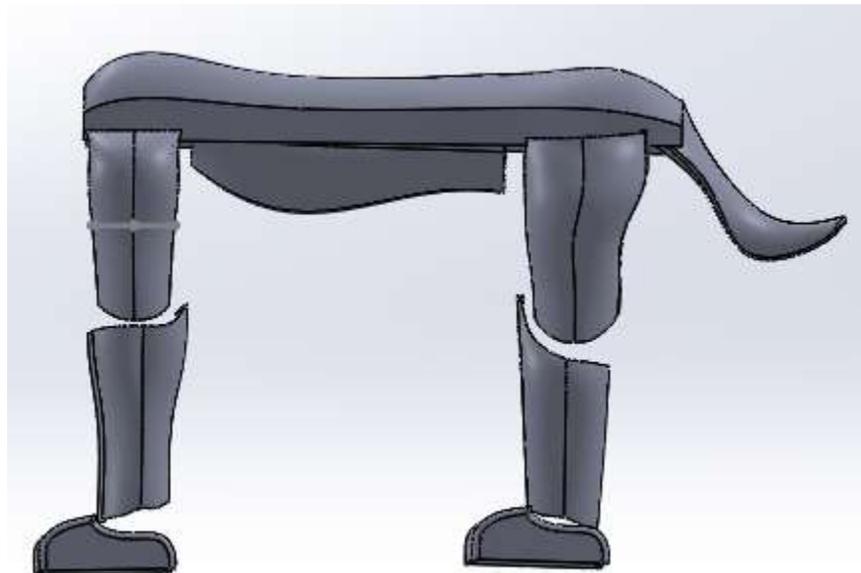


Figura 4.28. Vista del ensamble de las piezas.

4.1.5 Cuarta etapa: impresión de las piezas e implementación

Para llevar a cabo las impresiones de las piezas, se utilizó la impresora 3D colibrí, es una impresora hecha en México por Market trabaja con su propio software (constructor) que facilita su uso, acepta SSCAR, USB, y COM2, que funciona con el cable USB que tiene incluido, con hoja de acero calibre 14, con una cama de medidas X280 y Y210 mm.

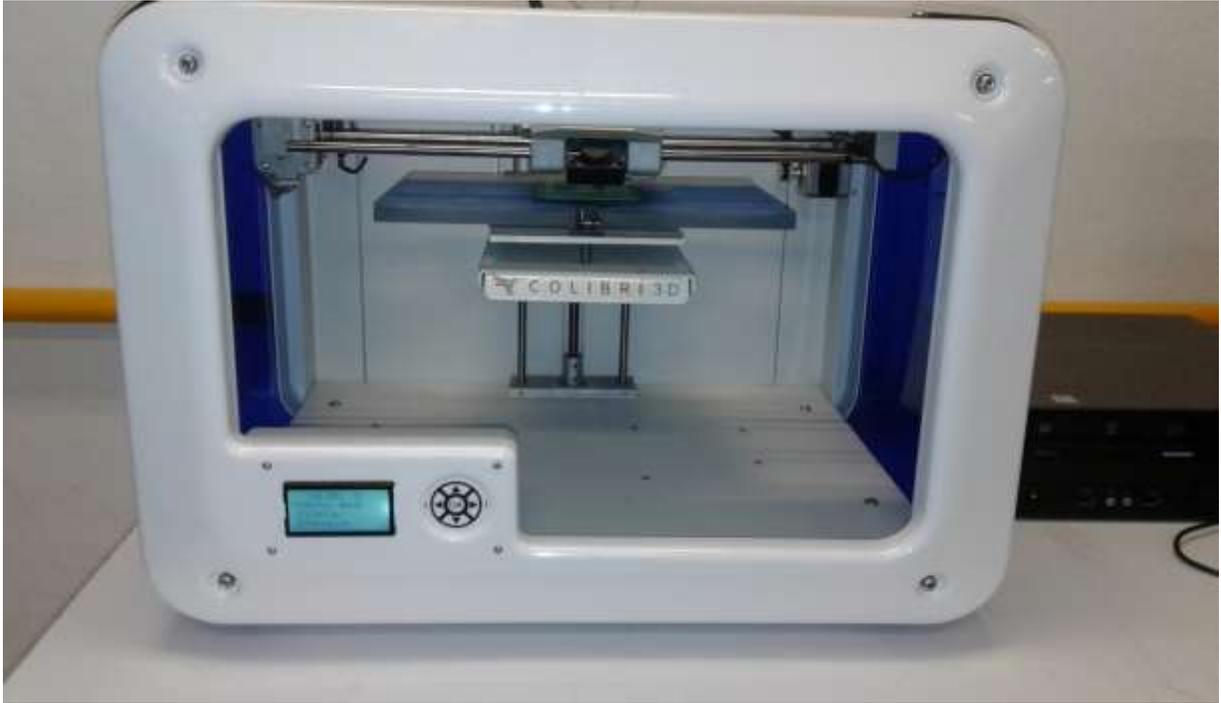


Figura 4.29. Impresora 3D colibrí.

A través del software constructor se inserta el diseño de la pieza y se ubica de tal manera que quede sobre la cama. Se manda a imprimir con una calidad media y un soporte.

El soporte básicamente se indica desde el software debido a que las piezas tienen curvaturas y están diseñadas sin relleno, el soporte entonces ayuda que la pieza pueda tomar su forma adecuada, una vez obtenida la pieza el soporte puede retirarse.



Figura 4.30. Inicio de impresión.

La impresora alcanza una temperatura de 160° para derretir el filamento, comienza básicamente haciendo líneas predeterminadas, marcando también las líneas de soporte, cabe recalcar que las líneas trazadas van de acuerdo a la calidad indicada, es decir a mayor calidad más cantidad de líneas.

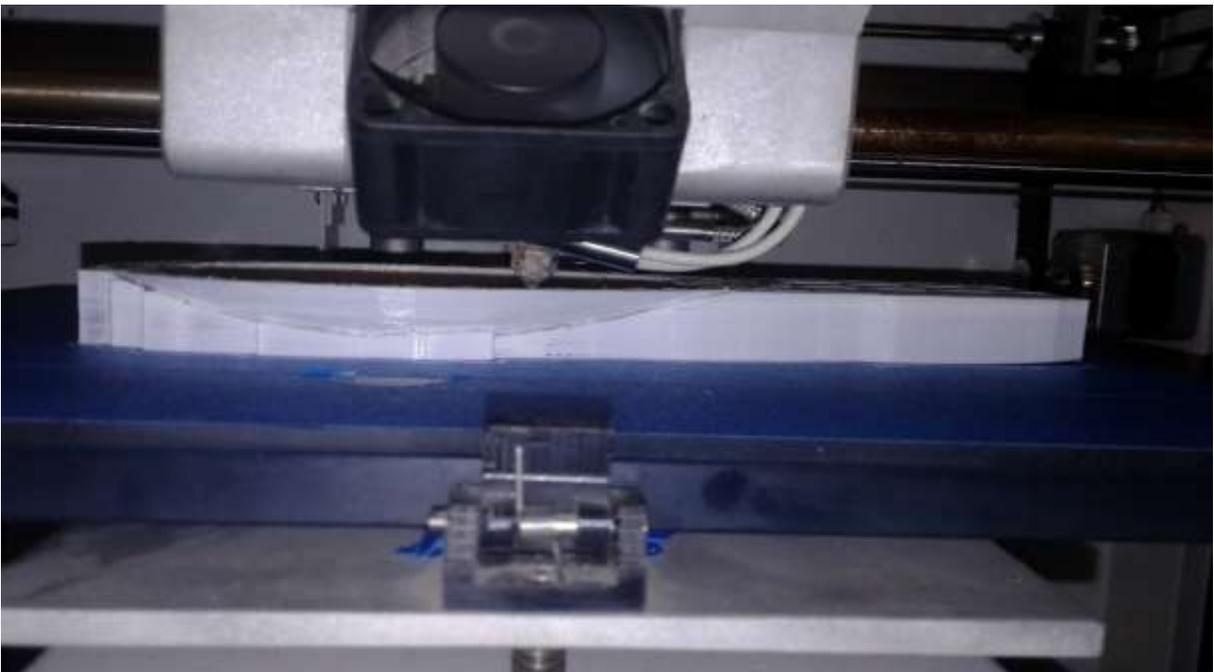


Figura 4.31. Vista lateral del soporte.

El tiempo de impresión está de acuerdo al tamaño de la pieza, que variaba de entre 4 a 35 horas. Con un monitoreo constante debido a que al principio de la impresión se necesita calibrar la cama, y ver que realmente este solidificando.

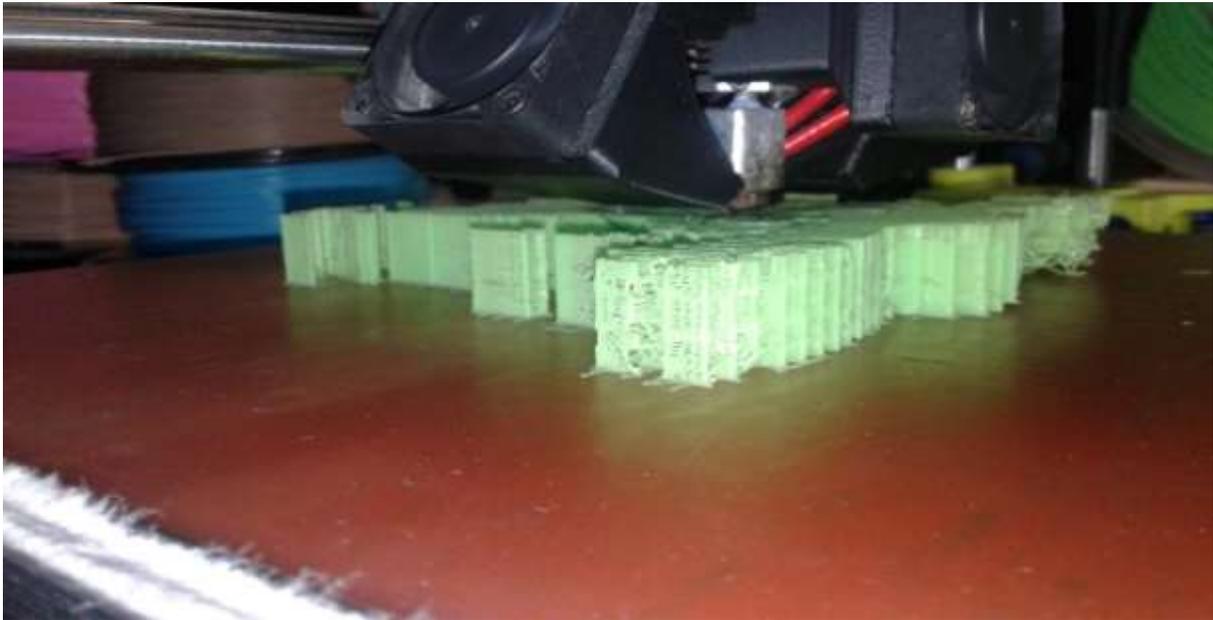


Figura 4.32. Inicio del soporte para la cabeza.

La cabeza llevo un tiempo de 35 horas de impresión, se mandó a imprimir de una manera sólida para que el soporte también lo realizara por dentro. Fabricando un soporte desde la cama hasta la parte de las orejas, realizando también un soporte desde cama para la parte de los bigotes.



Figura 4.33. Proceso de impresión.

Con medidas de 13cm en X, 15 cm en Y, 15.60 cm en Z, la cabeza fue la pieza que más tiempo de impresión.



Figura 4.34. Impresión de la cabeza terminada

Una vez terminada la impresión se retiraron los soportes, tanto los que se hicieron por fuera así como los soportes que por dentro se realizaron.

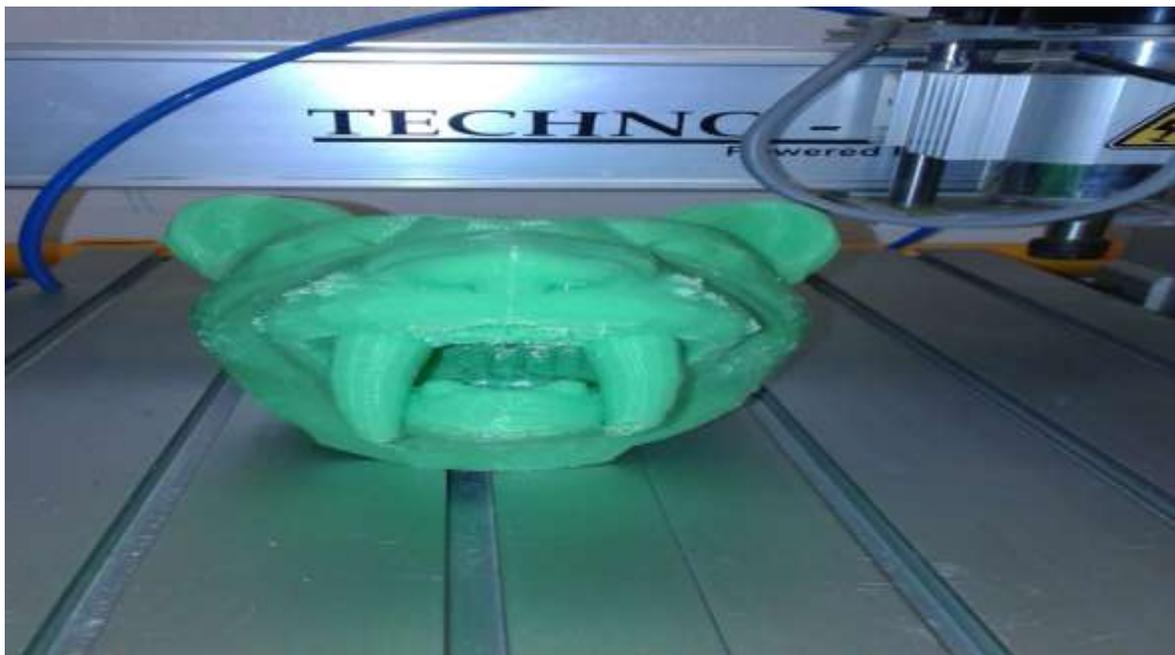


Figura 4.35. Cabeza lijada y vaciada

Los bigotes tambien se retiraron debido a que eran muy delgados y en el momento de retirar la parte del soporte no lograban quedar sujetos.



Figura 4.36. Recubrimiento de laz piezas.

Una vez obtenidas las piezas se le aplicó pasta industrial, esto para dar una mayor solidificación y una mejor contextura. La pasta industrial es un material de recubrimiento o relleno, junto con un catalizador que es el que indica que tiempo tardara en solidifarse la pasta de acuerdo a la cantidad agregada.



Figura 4.37. Pieza lijada.

Despues de haber aplicado la pasta se esperó 5 minutos para poder lijarla y asi obtener una mejor contextura.



Figura 4.38. Cabeza lijada

Este procedimiento se realizo con todas las piezas.



Figura 4.39. Aplicación del de esmalte dorado antiguo para darle el color adecuado.

4.1.6 Ensamblaje de las piezas



Figura 4.40. Ensamblaje de las patas

El proceso de ensamblaje de cada pieza impresa en su respectivo sitio para el que fue diseñado. Básicamente se llevó a cabo atornillándolos a distintos espárragos, quienes eran los encargados de darle la altura adecuada a las piezas dependiendo de su función.



Figura 4.41. Un ejemplo del ensamblaje de las piezas impresas, en este caso el abdomen.

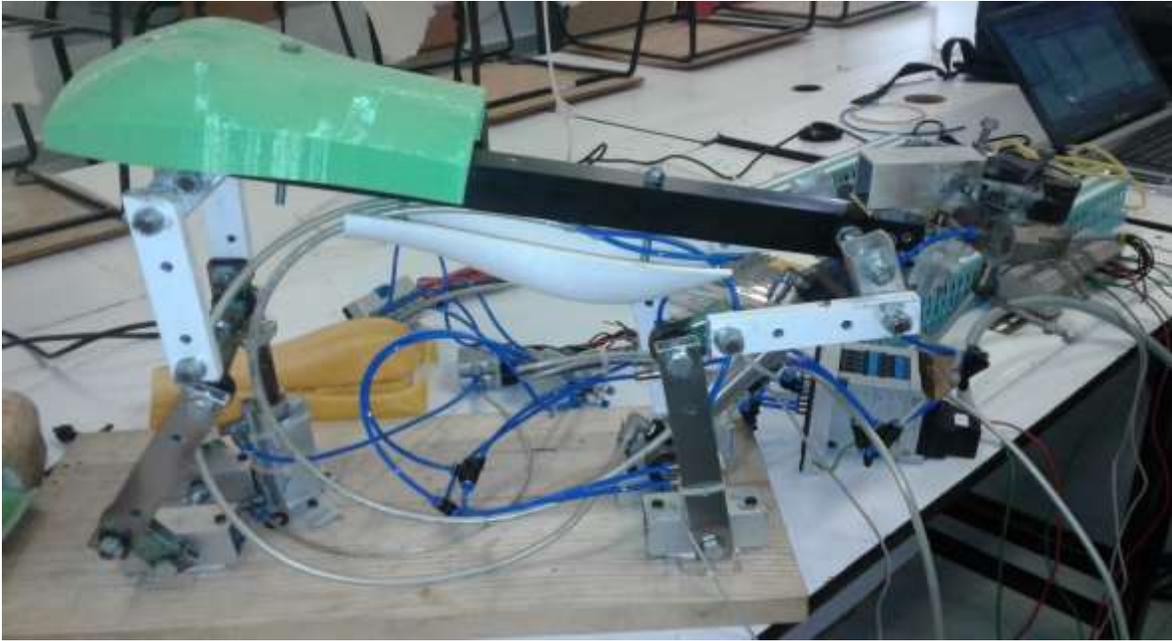


Figura 4.42. Atornillado de piezas

Se procede a atornillar el resto de las piezas al exoesqueleto del Animatronic, se puede observar como se le comienza a dar la forma característica del felino.

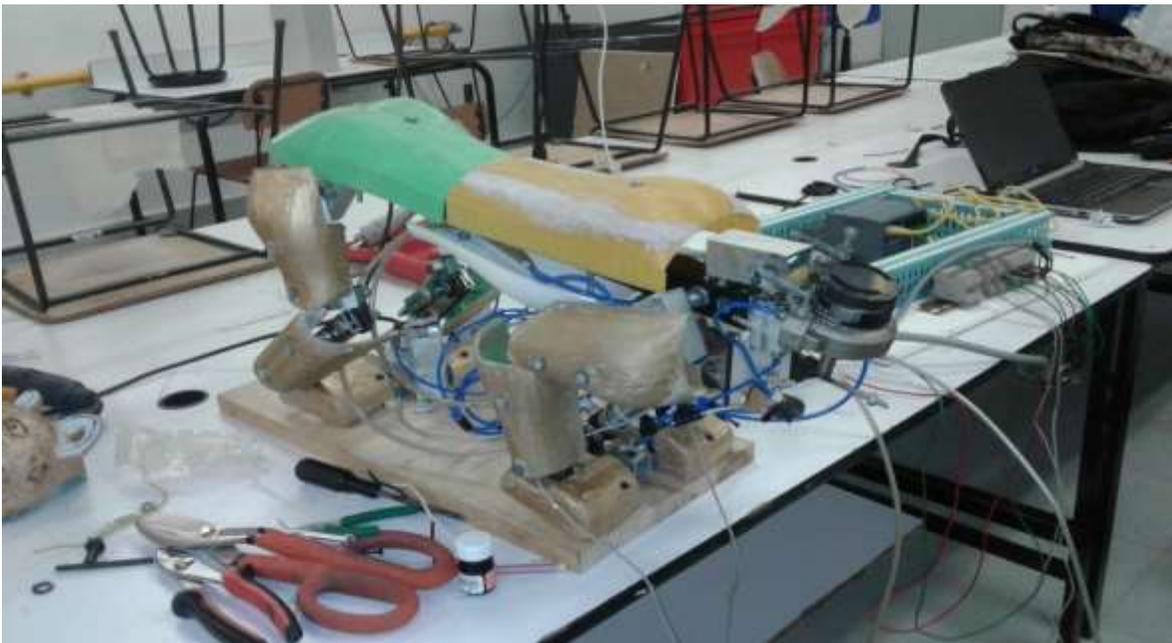


Figura 4.43. Procedimiento de ensamblaje.



Figura 4.44. Colocación de la cabeza

Una vez atornilladas todas las partes, la cabeza fue la última en ser colocada con el mismo proceso que las anteriores y con la ayuda de fajillas. Debajo se observa observar la preparación de latex para cubrir las zonas en donde no es posible implementar la impresión 3D, debido a limitantes antes mencionadas.



Figura 4.45. Elaboración del látex.

4.1.7 Implementación

En base a todos los pasos con anterioridad se cubrieron todos los movimientos que se plantearon y el Animatronic responde correctamente a todos los movimientos para el que fue programado.

Este Animatronic se colocó sobre una pequeña caja de madera en la cual está incluida la parte de control del sistema neumático que dieron movimiento al Smilodon. Se le colocó musgo natural para un mejor aspecto y naturalidad, al igual que el cuerpo y cara se pintaron con colores característicos de la especie.

El Animatronic será usado para promocionar la especialidad de Mecatrónica de la carrera de Ingeniería en Electrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por lo cual resulta sumamente satisfactorio el aporte a la comunidad, al ser el primer Animatronic de la carrera en ser implementado en la institución.

Hay mejoras que pueden considerarse a un pequeño, mediano y largo plazo en el proyecto, pero este recorrido sienta las bases de lo que podría ser la expansión de la especialidad en nuestra comunidad, exhortando a los alumnos a comprometerse con su desarrollo estudiantil y profesional y respetando los diferentes perfiles de egreso que un Ingeniero en Mecatrónica necesita al final de su vida académica.



Figura 4.46. Vista lateral del Smilodon



Figura 4.47. Smilodon terminado



Figura 4.48. Vista frontal del Smilodon

Capítulo V

5.1 Resultados y Conclusión

Al inicio del proyecto, se enumeraron diversos objetivos a cubrirse durante la Residencia Profesional los cuales lograron llevarse a cabo..

Algo que se tuvo claro desde el inicio del proceso, fue que se carecía parte de conocimientos por ejemplo modelado 3D, diseño mecánico, para ser partícipes de un proyecto de esta índole, pero con actitud proactiva, trabajo en equipo y constancia se lograron obtener dichos conocimientos y llevara a buen termino esta residencia.

Se logró desarrollar un animatronic Smilodon con las siguientes características: se desarrollo un animatronic a escala 1:3, con movimiento lateral y vertical en el cuello, así como el movimiento vertical en las piernas. Además se desarrollo un nivel de dominio intermedio en el software Solidworks, utilizando las técnicas de superficies y ensamblés.

Igualmente se obtuvo la experiencia de trabajar con manufactura aditiva al realizar el diseño del exoesqueleto y el recubrimiento mediante impresión 3D y se integró el animatronic a un control realizado en un residencia paralela mediante un PLC.

La visión que se tenía, ahora tiene cambios significativos debido en gran manera al conocer otra parte de la Electrónica y Mecatrónica, la cuál será útil para nuestra vida profesional.

Se sugiere dar continuidad a este proyecto para generar una línea de desarrollo en la parte de robótica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.

5.1.1 Bibliografía y referencias

[1] ASTUDILLO, C Y LOPEZ, H. (2012). El cine y la tecnología: Animatronics. Licenciatura. Escuela Politécnica Nacional.

[2] <http://amrproducciones.blogspot.mx/2013/03/animatronics.html>

[3] Fernández, E. (2013). El cine y la tecnología: Animatronics. Neoteo. Available <http://www.neoteo.com/el-cine-y-la-tecnologia-animatronics>

[4] Hernández, C. (2012). Animatrónica, una aproximación a partir de su diseño y construcción. Licenciatura. San Buenaventura University.

[5] <http://www.stratasys.com/mx/materiales>

[6] <http://www.logisticamx.enfasis.com/notas/72584-manufactura-3d-retos-y-tendencias>

[7] <http://www.stratasys.com/mx/impresoras-3d/technologies/fdm-technology>

[8] <https://rafaelramirezr.files.wordpress.com/2015/03/disenio-en-ingenieria-mecanica-de-shigley-8th-hd.pdf>

[9] https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/plm/cad.shtml

[10] CAD/ diseño asistido por computadora consultado de https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/plm/cad.shtml

[11] Solidworks consultado de <http://www.solidworks.es/>

[12] <https://www.interempresas.net/Plastico/FeriaVirtual/Producto-Software-para-la-ingenieria-de-materiales-compuestos-FiberSIM-83632.html>

[13] Información general de NX consultado de https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/products/nx/for-design/

[14] <http://www.softwareseleccion.com/seat+design+environment+sde-p-2897>

[15] Solid Edge Overview Brochure consultado de https://www.plm.automation.siemens.com/es_mx/products/solid-edge/

[16] <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/FeriaVirtual/Producto-Software-para-la-produccion-de-aviones-SyncroFIT-83633.html>

[17] <http://www.solidworks.es/sw/products/3d-cad/advanced-surface-design.htm>

[18] Diseño gráfico en 3D consultado de
<http://www.horizonteweb.com/biblio/disen3d.htm>

[19] Impresión 3D consultado de <http://www.r3ald.com/que-es-la-impresion-3d>

[20] Animales prehistóricos consultado de
http://www.animalesprehistoricos.com/2013/01/el-smilodon-o-tigre-dientes-de-sable_21.html