



Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**  
**APLICADAS**  
**CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC PARA LA PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE PLÁSTICO QUE TECNIFICARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2016”.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Electromecánico.

Autores:

ALEX SANTIAGO IZA ALMACHI

PAÚL ALFREDO LEMA OSORIO

Director:

ING.

ALVARO SANTIAGO MULLO QUEVEDO

Latacunga - Ecuador

Mayo – 2016.

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.; por cuanto, los postulantes: **ALEX SANTIAGO IZA ALMACHI, PAUL LEMA OSORIO,** con el título de Proyecto de Investigación **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC PARA LA PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE PLÁSTICO QUE TECNIFICARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2016”** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, abril del 2016

Para constancia firman:

.....

Ing. Cristian Gallardo

LECTOR 1

.....

Ing. Segundo Cevallos

LECTOR 2

.....

Ing. Carlos Espinel

LECTOR 3

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, IZA ALMACHI ALEX SANTIAGO, PAÛL ALFREDO LEMA OSORIO declaramos que el proyecto de grado denominado: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC PARA LA PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE PLÁSTICO QUE TECNIFICARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2016”**, siendo el ING. ALVARO MULLO director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
IZA ALMACHI ALEX SANTIAGO

C.I.0503079386

.....  
LEMA OSORIO PAÚL ALFREDO

C.I. 050309486-4

## AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el tema:

**“IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC PARA LA PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE PLÁSTICO QUE TECNIFICARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2016”**, de ALEX SANTIAGO IZA ALMACHI, PAÚL ALFREDO LEMA OSORIO de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Unidad Académica de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, abril 2016

El Director

Firma

.....

Ing. Álvaro Santiago Mullo Quevedo

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar un agradecimiento a Dios, quien es el portador de nuestras vidas y nos ha dado valor y muchas bendiciones como es la de tener a nuestros padres aun con nosotros.

Agradecemos a nuestros padres pilar fundamental nuestra guía y para ellos este merecido trabajo de investigación ya que ellos estuvieron y estarán siempre dándonos ese apoyo incondicional que siempre nos han brindado.

Agradecemos con un infinito cariño a todos nuestros docentes quienes estuvieron en todo el proceso de formación y enseñarnos con ejemplos la vida como en realidad es en la vida profesional.

**Alex**

**Paúl**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico con mucho cariño a mis padres, la razón por la cual estoy aquí en otra etapa más de mi vida profesional gracias mamita Delia papito Segundo por ese gran esfuerzo que hicieron para que hoy este culminando mi ingeniería, gracias por sus consejos por enseñarme mucho de la vida gracias por hacer de mí una persona buena, humilde y trabajadora, la vida no me alcanzara para agradecerles y demostrarles mi gratitud y lo mucho que los quiero, a mis hermanos tías, tíos en especial a quien fue como mi segundo padre a ti tío abuelo Cesarito aunque no estés presente en este nuevo logro gracias por todo ,para mis hermanos los que más adoro en esta vida, para todos ustedes este trabajo con todo mi empeño por que se lo merecen gracias.

**Alex**

## **DEDICATORIA**

Este proyecto se lo dedico con mucho cariño a mi madre Bertha que siempre ha estado cuando la he necesitado siendo padre y madre apoyándome junto a mis hermanos. Siempre será la más importante que la vida me ha dado y junto a ella. Como olvidarme de mi padre que estuvo en los inicios de mi vida en la que aprendí muchas cosas que luego me serviría. A las personas que a lo largo del camino me han sabido guiar con sus experiencias, enseñanzas y vivencias. Para ustedes mis queridos hermanos Ronald y Danny, que siempre hemos estado en las buenas y en las malas siendo una familia y esperare con ansias cuando ustedes estén por este mismo camino. Este logro va por todos ustedes gracias por todo su apoyo y espera.

**Paúl**

## ÍNDICE

<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN</b> .....	ii
<b>DECLARACIÓN DE AUTORÍA</b> .....	iii
<b>AVAL DEL DIRECTOR DE TESIS</b> .....	iv
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	v
<b>DEDICATORIA</b> .....	vi
<b>DEDICATORIA</b> .....	vii
<b>ÍNDICE</b> .....	viii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	xi
<b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....	xii
<b>Resumen</b> .....	xiii
<b>ABSTRACT</b> .....	xiv
<b>1.- INFORMACIÓN GENERAL</b> .....	1
<b>Título del Proyecto:</b> .....	1
<b>Tipo de Proyecto:</b> .....	1
<b>Investigación Aplicada</b> .....	1
<b>Propósito:</b> .....	1
<b>Fecha de inicio:</b> .....	1
<b>Fecha de finalización:</b> .....	1
<b>Lugar de ejecución:</b> .....	1
<b>Unidad Académica que auspicia</b> .....	2
<b>Carrera que auspicia:</b> .....	2
<b>Coordinador del Proyecto</b> .....	2
<b>2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO</b> .....	4
<b>3.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO</b> .....	5
<b>4.-BENEFICIARIOS DEL PROYECTO</b> .....	5
<b>5.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN</b> .....	6
<b>6.-FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA</b> .....	6
<b>6.1 Prototipado Rápido.</b> .....	6
6.1.1 Ventajas del prototipado rápido. ....	7
6.1.2 Funcionamiento del prototipado rápido. ....	7

6.1.3	Procesos del prototipado rápido.....	7
6.1.4	Técnicas en el prototipado rápido.....	8
6.1.5	Tecnologías del prototipado rápido (Aditiva y sustractiva). ....	9
6.1.5.1	Tecnología sustractiva:.....	9
6.1.5.2	Tecnología aditiva:.....	10
6.1.5.2.1	Estereolitografía:.....	10
6.1.5.2.2	Fotopolimerización:.....	10
6.1.5.2.3	Deposición de hilo fundido:.....	10
6.1.5.2.4	Sinterización:.....	11
6.1.5.2.5	Proyección de aglutinante:.....	11
6.1.6	Procesos del prototipado rápido (Procesos, técnicas y materiales de uso). ....	11
<b>6.2</b>	<b>Modelado por deposición de hilo fundido (FDM).</b> .....	<b>12</b>
6.2.1	Funcionamiento. ....	12
6.2.2	Materiales. ....	13
6.2.2.1	Materiales con tecnología FDM. ....	14
6.2.2.1.1	Ácido polylactico (PLA).....	14
6.2.2.1.2	Acrylonitrilo butadieno styreno (ABS).....	14
6.2.2.1.3	Nylon.....	15
6.2.2.1.4	Policarbonato (PC). ....	16
6.2.2.1.5	ULTEM 9085. ....	17
6.2.2.1.6	Polifenilsulfona (PPSF/PPSU).....	18
6.2.2.2	Comparación entre materiales. ....	19
6.2.3	Ventajas.....	20
6.2.4	Limitaciones. ....	20
6.2.5	Consideraciones geométricas.....	20
<b>6.3</b>	<b>Impresión 3D.</b> .....	<b>20</b>
6.3.1	Ejes de traslado.....	21
6.3.2	Lenguaje de programación. ....	21
6.3.3	Programa para la comunicación.....	22
6.3.3.1	CURA.....	23
6.3.3.2	Repetier host.....	24
6.3.4	Elementos de la impresora 3D.....	24
6.3.4.1	Estructura. ....	25
6.3.4.2	Tarjeta de control.....	25
6.3.4.3	Mecanismos de transmisión de movimientos.....	28

6.3.4.3.1	Polea- correa sincronizada .....	28
6.3.4.3.2	Tornillo- tuerca .....	28
6.3.4.4	Motores de paso.....	29
6.3.4.5	Extrusor .....	29
6.3.4.5.1	Motor pasó a paso para filamento. ....	30
6.3.4.5.2	Engranaje de tracción. ....	31
6.3.4.5.3	Engranaje reductor.....	31
6.3.4.5.4	Rodamiento de presión. ....	31
6.3.4.5.5	Guía de filamento. ....	31
6.3.4.5.6	Hotend. ....	31
6.3.4.5.7	Sensor de temperatura. ....	31
6.3.4.5.8	Boquilla de salida. ....	32
6.3.4.6	Power supply (fuente de poder). ....	32
6.3.4.7	Plancha de calentamiento. ....	32
6.3.4.8	Rodamiento lineal.....	33
<b>7.- OBJETIVOS:</b>	.....	<b>33</b>
<b>General</b> .....	.....	<b>33</b>
<b>Específicos</b> .....	.....	<b>34</b>
<b>8.-OBJETIVOS ESPECIFICOS, ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA</b>	.....	<b>34</b>
<b>9.-PRESUPUESTO DEL PROYECTO</b>	.....	<b>35</b>
<b>9.1 Talento Humano</b> .....	.....	<b>35</b>
<b>9.2 Recursos materiales</b> .....	.....	<b>35</b>
<b>9.3 Recursos técnicos (equipos)</b> .....	.....	<b>36</b>
<b>9.4 Recursos económicos</b> .....	.....	<b>36</b>
<b>10.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS</b> .....	.....	<b>37</b>
<b>11.1 Conclusiones</b> .....	.....	<b>46</b>
<b>11.2 Recomendaciones</b> .....	.....	<b>47</b>
<b>12.- BIBLIOGRAFIA</b> .....	.....	<b>48</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Fig. 1.-</b> Procesos de un Prototipado Rápido. ....	8
<b>Fig. 2.-</b> Esquema maquina FDM. ....	13
<b>Fig. 3.-</b> Impresora 3D 2000. ....	13
<b>Fig. 4.-</b> Objeto moldeado en PLA. ....	14
<b>Fig. 5.-</b> Carcasa mecánica hecha en ABS. ....	15
<b>Fig. 6.-</b> Elemento mecánico en Nylon. ....	16
<b>Fig. 7.-</b> Patrón para plegado de plástico (PC). ....	17
<b>Fig. 8.-</b> Soporte accesorio de transporte (ULTEM 9085). ....	18
<b>Fig. 9.-</b> Pieza final cilindro (PPSF). ....	18
<b>Fig. 10.-</b> Ejes XYZ en la impresora 3D. ....	21
<b>Fig. 11.-</b> Área de impresión programa Cura. ....	23
<b>Fig. 12.-</b> Área de impresión programa Repetier Host. ....	24
<b>Fig. 13.-</b> Esfuerzos en el eje X. ....	25
<b>Fig. 14.-</b> Tarjeta de control GT2560. ....	26
<b>Fig. 15.-</b> Combinación del Arduino Mega 2560 y Ultimaker. ....	26
<b>Fig. 16.-</b> Combinación del Arduino Mega 2560 y Ramps 1.4. ....	27
<i>Fig. 17.- Conexiones tarjeta GT2560. ....</i>	27
<b>Fig. 18.-</b> Sistema de transmisión de moviente polea correa. ....	28
<b>Fig. 19.-</b> Sistema de transmisión de moviente tornillo- tuerca. ....	29
<b>Fig. 20.-</b> Extrusor impresora 3D. ....	30
<b>Fig. 21.-</b> Fuente de poder Heacent S-200-12. ....	32
<b>Fig. 22.-</b> Plancha de calentamiento. ....	33
<b>Fig. 23.-</b> Rodamiento lineal. ....	33
<b>Fig. 24.-</b> Diagrama de bloques de un controlador PID. ....	37
<b>Fig. 25.-</b> Motor de paso bipolar. ....	38
<b>Fig. 26.-</b> Armado de eje Z. ....	38
<b>Fig. 27.-</b> Polea y correa sincronizada. ....	39
<b>Fig. 28.-</b> Sistema de rodamientos lineales. ....	39
<b>Fig. 29.-</b> Armado de eje X. ....	39
<b>Fig. 30.-</b> Armado de eje Y (plataforma). ....	40
<b>Fig. 31.-</b> Armado de eje Y (ejes de movimiento). ....	40
<b>Fig. 32.-</b> Acople de los tres ejes mediante guías y ejes roscados. ....	41
<b>Fig. 33.-</b> Vista preliminar de los ejes X, Y, Z. ....	41
<b>Fig. 34.-</b> Controlador 2560 Rev.A. ....	42
<b>Fig. 35.-</b> Fuente de poder. ....	42
<b>Fig. 36.-</b> Entrada fuente de poder interruptor. ....	42
<b>Fig. 37.-</b> Acople de controlador. ....	43
<b>Fig. 38.-</b> Colocación del regulador y panel de control. ....	43
<b>Fig. 39.-</b> Calibración del eje Z. ....	44
<b>Fig. 40.-</b> Encendido de impresora 3D. ....	44
<b>Fig. 41.-</b> Impresión de un cubo en 3D. ....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla. 1.-</b> Principales técnicas en el prototipado rápido. ....	8
<b>Tabla. 2.-</b> Tecnologías del prototipado rápido según su naturaleza. ....	9
<b>Tabla. 3.-</b> Procesos del prototipado rápido según la fase de suministro. ....	11
<b>Tabla. 4.-</b> Selección de materiales termoplásticos. ....	19
<b>Tabla. 5.-</b> Comandos en código G y sus acciones. ....	22
<b>Tabla. 6.-</b> Temperaturas recomendables para impresión 3D. ....	30
<b>Tabla. 7.-</b> Objetivos, actividades y metodología. ....	34

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

UNIDAD ACADÉMICA DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TITULO:** “IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC PARA LA PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE PLÁSTICO QUE TECNIFICARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2016”.

**Autores:** ALEX SANTIAGO IZA ALMACHI  
LEMA OSORIO PAUL ALFREDO

## Resumen

Actualmente los avances tanto técnicos, tecnológicos y científicos están en constante cambio, y los fabricantes siempre buscan optimizar tiempos al realizar las actividades de trabajo en el que es inevitable los riesgos de producción al fallo de elementos mecánicos, desgastes y por efectos externos, en el que la elaboración y sustitución de piezas permitirán reducir estos efectos, para lo cual se construyó una impresora 3D de control numérico computarizado CNC, que permite elaborar objetos reales y elementos necesarios para el desarrollo de prácticas, de tal forma la implementación de esta máquina en el laboratorio de del Club Robótica facilito la construcción de elementos para el desarrollo de sus actividades.

Este proyecto fue constituido por varias áreas de conocimientos adquiridos y se aplicó la parte Eléctrica, Electrónica, Control, Programación y la constitución mecánica.

El prototipado rápido es un eficiente sistema de control en la actualidad, ya que existen a un bajo costo y lo más interesante es que se puede controlar el tiempo de impresión y monitorearlo en video al mismo tiempo que se imprime el objeto atreves de un programa diseñado para comunicarse con la impresora 3D, el material a utilizar es plástico (ABS), el cual pasara por un extrusor a temperatura de 250 a 260 C° en donde la plataforma móvil está constituido por el eje X, Y, Z el mismo que también debe tener una temperatura de 100 C° para que se adhiera el material que sale del extrusor quien formara el objeto capa por capa hasta que el objeto este completamente terminado.

El proceso de impresión rápida está controlada desde un ordenador con un software, el mismo que se comunica con la impresora 3D mediante un código G que es el lenguaje que entiende la impresora, también hay otra alternativa la de poder cargar el programa con el diseño en una tarjeta SD y manipular desde la propia impresora sin necesidad de un ordenador.

Palabra Clave: CAD, Prototipo, código G

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED ACADEMIC UNIT

**TOPIC:** “IMPLEMENTATION TO A 3D PRINTER CNC COMPUTER NUMERICAL CONTROL FOR PROTOTYPING PRODUCTION OF PLASTIC TO MODERNIZE THE ROBOTICS LABORATORY IN THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI 2016 PERIOD”.

**Authors:** ALEX SANTIAGO IZA ALMACHI  
LEMA OSORIO PAUL ALFREDO

## ABSTRACT

Currently both technical, technological and scientific advances are constantly changing, and manufacturers are always looking to optimize time to perform work activities where production risks are inevitable the failure of mechanical parts, and external effects, the that the development and replacement of parts will reduce these effects, for which a 3D printer computer numerical control CNC, which allows to make real objects and elements necessary for the development of practices, so the implementation of this machine in the built laboratory Robotics Lab facilitates the construction of elements for the development of their activities.

This project was made up of several areas of knowledge acquired and the Electrical, Electronic, Control, Programming and applied mechanics party constitution.

A Rapid prototyping service bureow is an efficient control system at present, as there are at a low cost and most interesting is that you can control the printing time and monitor video while printing the object dare a program designed to communicate with the 3D printer, the material used is plastic (ABS), which pass through an extruder at a temperature of 250-260 ° C where the movable platform is constituted by the X, Y, Z the same also you must have a temperature of 100 C ° for the material leaving the extruder who formed the object layer by layer until the object is completely finished adhere.

The process of faster printing is controlled from a computer with a software, the same that communicates with the 3D printer using a G code, it is language that he understands the printer, there is another alternative to be able to load the program with design SD and manipulate from the printer itself without need for a PC card.

Keyword: CAD, prototype, code G.

## **1.- INFORMACIÓN GENERAL**

### **Título del Proyecto:**

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA IMPRESORA 3D DE CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO CNC PARA LA PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS DE PLÁSTICO QUE TECNIFICARA EL LABORATORIO DE ROBÓTICA DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI PERIODO 2016”.

### **Tipo de Proyecto:**

#### **Investigación Aplicada**

En este proyecto utilizamos la Investigación Aplicada con los conocimientos adquiridos buscamos verificar los resultados prácticos, para lo cual programaremos diferentes tipos de fuentes para así aplicar en el proyecto el mismo que aplicara para el laboratorio de Robótica en donde las personas se acercaran aplicar sus conocimientos básicos y así resolver muchas inquietudes.

### **Propósito:**

El Club de Robótica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en la actualidad no dispone de una máquina de prototipado rápido, el propósito de este proyecto es proveer al Laboratorio de Robótica una impresora 3D que mediante en un proceso de CAD – CAM permita convertir diseños digitales en objetos tridimensionales, de esta manera los estudiantes podrán obtener acceso a una tecnología que tiene muchas ventajas, en particular la elaboración de prototipos en poco tiempo y sin tener que recurrir a la industria.

**Fecha de inicio:** 1 de marzo del 2016.

**Fecha de finalización:** 12 de abril del 2016.

### **Lugar de ejecución:**

Ejido-San Felipe- Eloy Alfaro - Latacunga-Cotopaxi -.Bloque B - UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

**Unidad Académica que auspicia**

CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS.

**Carrera que auspicia:**

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**Equipo de Trabajo:**

MsC. Ing. Álvaro Mullo.

PhD. Ángel Hernández

MsC. Alison Mena

Alex Santiago Iza Almachi

Paúl Alfredo Lema Osorio.

**Coordinador del Proyecto**

Nombre: **Alex Santiago Iza Almachi**

Teléfonos: 2690-671 - 0998850999

Correo electrónico: [santiaguito\\_iza@hotmail.com](mailto:santiaguito_iza@hotmail.com)

Área de Conocimiento: ELECTRÓNICA DE POTENCIA, SISTEMAS DE CONTROL, DISEÑO DE MAQUINAS, MECANISMOS.

Línea de investigación:

Equipamiento tecnológico y mantenimiento electromecánico

Nombre: **Paul Alfredo Lema Osorio**

Teléfonos: 0998540802

Correo electrónico: [paullema1992@hotmail.com](mailto:paullema1992@hotmail.com)

Área de Conocimiento: ELECTRÓNICA DE POTENCIA, SISTEMAS DE CONTROL, DISEÑO DE MAQUINAS, MECANISMOS.

Línea de investigación:

Equipamiento tecnológico y mantenimiento electromecánico

# CURRÍCULUM VITAE

## DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Álvaro Santiago Mullo Quevedo  
FECHA DE NACIMIENTO: 1982-10-04  
CEDULA DE CIUDADANÍA: 050276854-2          Soltero  
NUMEROS TELÉFONICOS: 098 854012 / 03 2292564 (Latacunga)  
E-MAIL: [alsamullo@hotmail.com](mailto:alsamullo@hotmail.com) / [alsamullo82@gmail.com](mailto:alsamullo82@gmail.com)

## ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: Escuela "Isidro Ayora"  
NIVEL SECUNDARIO: "Instituto Tecnológico Ramón Barba Naranjo"  
NIVEL SUPERIOR: Escuela Politécnica del Ejército  
NIVEL Post GRADO: Universidad Técnica de Cotopaxi

## TÍTULOS

POSGRADO: Diplomado Superior en Administración de Riesgos (2016)  
POSGRADO: Maestría en Gestión de Energías (2014)  
PREGRADO: Ingeniero en Electromecánica (2007)

## DATOS PERSONALES

NOMBRE: Iza Almachi Alex Santiago  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 0503079386  
FECHA DE NACIMIENTO: (07) de (Junio) de (1987)  
LUGAR DE NACIMIENTO: COTOPAXI, LATACUNGA, GUAYTACAMA  
ESTADO CIVIL: Soltero  
DIRECCIÓN: Parroquia GUAYTACAMA Barrio NARVAÉZ  
TELÉFONO: 0998850999 - 2690671  
E-MAIL: [santiaguito\\_iza@hotmail.com](mailto:santiaguito_iza@hotmail.com)

## ESTUDIOS

Octubre 2005- Febrero 2013  
**Estudios Secundarios:** Instituto Tecnológico Industrial  
"RAMON BARBA NARANJO"  
1998 AL 12 DE AGOSTO DEL 2004  
**Estudios Primarios:** Unidad Educativa Fiscal Patria  
1993 al 23 de julio de 1998

## DATOS PERSONALES

NOMBRE: Lema Osorio Paul Alfredo  
DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 050309486-4  
FECHA DE NACIMIENTO: (13) de (enero) de (1992)  
LUGAR DE NACIMIENTO: COTOPAXI, LATACUNGA, La Matriz  
ESTADO CIVIL: Soltero  
DIRECCIÓN: Barrio Niagara Calle. La Civilización  
TELÉFONO: 0998540802  
E-MAIL: [paullema1992@hotmail.com](mailto:paullema1992@hotmail.com)

## ESTUDIOS

Octubre 2009- Febrero 2015  
**Estudios Secundarios:** Instituto Tecnológico Industrial  
"RAMON BARBA NARANJO"  
2004 AL 12 DE AGOSTO DEL 2009  
**Estudios Primarios:** Escuela Dr. Isidro Ayora  
1999 al 23 de julio de 1994

## **2.- DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO**

En la actualidad existen tecnologías de prototipado rápido que han mejorado las condiciones para el diseño y elaboración de elementos mecánicos y objetos tridimensionales se lo realicen de una forma inmediata ayudando a mantener la continuidad de trabajo y el correcto desenvolvimiento de actividades.

Al realizar este proyecto se obtendrá muchas ventajas al momento de diseñar y obtener objetos físicos ya que en la actualidad en la UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI no se encuentra disponible una máquina que permita construir objetos tridimensionales en plástico, para lo cual todos los estudiantes que tengan acceso a este proyecto puedan crear objetos necesarios para cualquier actividad.

Las máquinas CNC (control numérico computarizado) en la actualidad a ganado campo en la industria de manufactura ya que al ser un sistema CAD- CAM, permite diseñar elementos y objetos tridimensionales en programas que son amigables con el usuario como: AutoCAD, SolidWord y luego convertirlos en objetos físicos, permitiendo de esta forma obtener resultados que difícilmente se podrían obtener de una forma manual.

La impresora 3D, está constituido por diferentes subsistemas que cumplen la función de un sistema en el que se encuentra inmersos sistemas de lazo cerrado para retroalimentación de la señal deseada. Cumpliendo las diferentes funciones de captar, procesar y ejecutar con los actuadores para cumplir la función de la impresión 3D. Las actividades que se manejan en el club hacen que sea necesario la implementación de una máquina de prototipado rápido que permita ser confiable en la elaboración de los diseños especificados de una manera eficiente y oportuna para que las actividades a desarrollar se lo realicen de una manera continua y sin interrupciones.

La combinación de diferentes materias como robótica, sistemas de control, maquinas eléctricas y elementos de máquinas, son bases fundamentales para la implementación de la impresora 3D de control numérico computarizado.

La realización de prototipos rápidos permitirá diseñar y elaborar elementos 3D (piezas mecánicas), para las actividades a desarrollar en el Laboratorio de Robótica.

### **3.- JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

El prototipado rápido en la actualidad es un requerimiento para manejar con eficiencia las actividades del entorno de trabajo educativo o simplemente un proyecto, en el cual se minimiza los tiempos de diseño y elaboración de objetos de plástico acorde a los requerimientos de la actividad realizada, por eso se ha propuesto la implementación de una impresora 3D para imprimir objetos prediseñados tridimensionalmente que por medio de un sistema CAD y con la ayuda de un sistema CAM se puede obtener un resultado exacto del diseño digital.

Las máquinas de control numérico asistido por computadora (CNC), permite el control mediante códigos la realización de diferentes actividades según la función a cumplir (cortadora, fresadora impresión en 3D).

La impresora 3D facilita y optimiza los tiempos y el espacio físico para la elaboración de objetos tridimensionales los cuales pueden ser piezas mecánicas, acoples, carcasas, elementos, etc. Manteniendo la uniformidad del diseño y precisión acorde a las características de la impresora.

Este proyecto será de vital importancia para el Laboratorio de Robótica ya que tiene todos los requerimientos para que previa una capacitación los estudiantes puedan realizar prácticas y tengan conocimiento de la tecnología que existe hoy en día al manipular este proyecto se ampliarán sus conocimientos y podrán verificar el funcionamiento de cada uno de los elementos que componen este proyecto de prototipado rápido.

Las carreras que se beneficiarán con este proyecto son las carreras de la ciencia de ingeniería y aplicadas ya que este modelo de impresora es de escritorio y por su fácil manipulación se podrá utilizar en un espacio pequeño y tener muchos beneficios de la misma.

### **4.-BENEFICIARIOS DEL PROYECTO**

Para el laboratorio de Robótica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas serán directamente beneficiados de este proyecto, e indirectamente el resto de estudiantes de la facultad con una solicitud previa, cuyo número asciende a 45.

## **5.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

La impresión 3D es una técnica de prototipado rápido que ha existido desde hace 30 años, cuya invención resulta de la necesidad de juntar varias capas de impresión en 2D en un solo modelo, la primera fue inventada por Charles Hull en 1986, desde ese entonces la tecnología se ha perfeccionado y diversificado.

En la actualidad la mayoría de laboratorios de investigación de desarrollo de prototipos, tanto en industrias y universidades cuentan con una máquina de prototipado rápido, y la IEEE considera que el 35% de los profesionales de ingeniería requerirán tener conocimiento de cómo funcionan estas máquinas como parte de su perfil profesional.

En el Ecuador la aparición de impresoras 3D se remonta a los últimos 5 años con una lenta introducción en los procesos de fabricación, pero que de apoco se va ganando su lugar en los laboratorios de investigación de varias universidades.

En el club de robótica de CIA UTC existe la necesidad de elaborar piezas para la implementación de proyectos de investigación, su reciente constitución hace que aún carezca de maquinaria que ayude en los procesos de prototipado. En la actualidad para la realización de piezas mecánicas, objetos tridimensionales se lo realiza de una forma manual, para la construcción de piezas u objetos mecánicos, en la actualidad se tienen que realizar por medio de torno, fresadoras, taladros, etc. Elementos que no se dispone en el Laboratorio tanto por el espacio físico a ocupar y por los costos de adquisición.

## **6.-FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **6.1 Prototipado Rápido.**

El prototipo rápido (RP), es conocida como impresión 3D siendo una tecnología de fabricación aditiva, permite fabricar modelos físicos mediante datos de diseño asistido por computadora (CAD), este principio de rápida manufactura ha dado campo a que se realicen diferentes tipos de impresiones con distintos materiales. Permitiendo transformar ideas innovadoras en productos finales deseados de una forma rápida. Se menciona que “El prototipado rápido (RP) permite la fabricación rápida de modelos físicos utilizando datos de diseño asistido por ordenador (CAD) en tres dimensiones” (Stratasys Ltd, 2016)

### 6.1.1 Ventajas del prototipado rápido.

Las ventajas que se puede dar mediante el prototipado rápido además de la rápida manufactura es la eficiencia, a continuación se mencionara algunos puntos a considerar:

- Los errores son reducidos en el diseño de producción obteniendo mejores resultados finales.
- Comunicación eficaz y rápida de los modelos de diseño.
- Flexibilidad de diseño, pasando por diversas interacciones de diseño.
- Los ajustes, la forma y la función se validan de una forma eficaz.

### 6.1.2 Funcionamiento del prototipado rápido.

Para empezar el prototipado rápido se debe: Tomar un diseño virtual en base a un software de modelado o de diseño asistido por computadora (CAD). La impresora 3D lee los datos del dibujo CAD en el cual se aplica capas sucesivamente de material líquido, en polvo u láminas, dando forma al modelo físico a partir de una serie de secciones transversales. Estas capas se unen automáticamente para crear la forma final.

Se utiliza un interfaz de datos estándar, los cuales tienen un formato de archivo STL. Permitiendo comunicar o transmitir los datos del software de CAD al equipo de prototipado 3D. Se debe tener en consideración que el archivo STL aproxima la forma de una pieza mediante facetas triangulares.

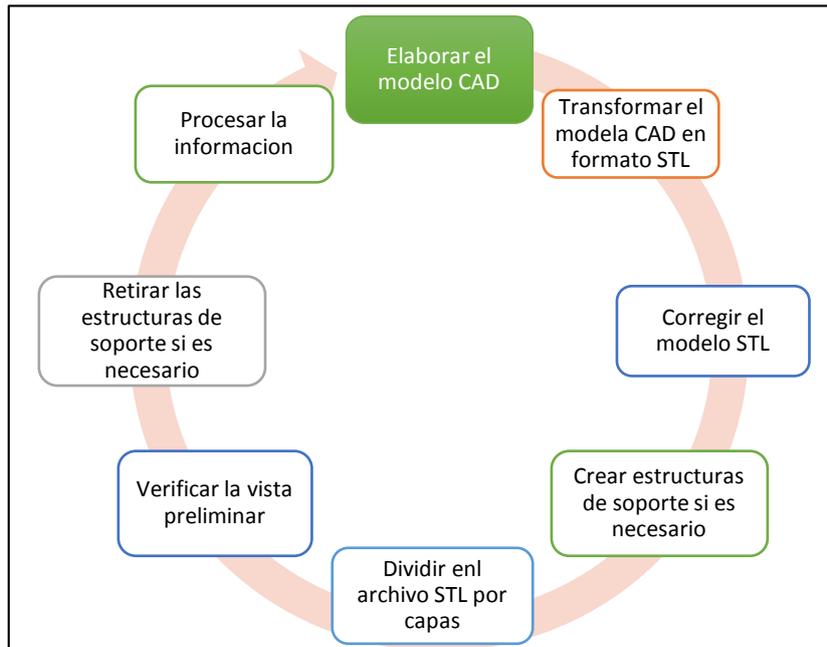
Los sistemas de prototipado rápido son capaces de fabricar modelos 3D en cuestión de horas. Dependiendo del tipo de máquina que se utilice, el tamaño y los números de modelos que se estén fabricando.

### 6.1.3 Procesos del prototipado rápido.

Este proceso parte de un sistema CAD el cual realiza las figuras capa por capa hasta que el diseño este completamente terminado.

El principio de prototipado rápido es el mismo en todas las máquinas que podemos encontrar en el mercado, los pasos más comunes se menciona en la **Fig. 1**.

**Fig. 1.-** Procesos de un Prototipado Rápido.



**Fuente:** Stratasys Ltd.

#### 6.1.4 Técnicas en el prototipado rápido.

Existen diferentes técnicas que permiten realizar la impresión en 3D, mediante un equipo de prototipado rápido. Los materiales que se utiliza para la realización de los diseños son variados y dependiendo del material van variando sus propiedades. Entre esos tenemos los mencionados en la **Tabla 1:**

**Tabla. 1.-** Principales técnicas en el prototipado rápido.

<b>TIPO</b>	<b>ELABORACIÓN</b>	<b>TIPO DE MATERIAL</b>
Extrusión	Moldeado por Deposición Fundida (MDF). Fabricación por Fundición de Filamento (FFF).	Termoplásticos (PLA,ABS)
Laminado	Laminado de Capas (LOM)	Papel, Papel de Aluminio, Capa de Plástico
Estereolitografía	Solidificación de resina (SLA)	Agua , resina
Sinterización selectiva por laser	(SLS)	Polvo

**Fuente:** Stratasys Ltd.

### 6.1.5 Tecnologías del prototipado rápido (Aditiva y sustractiva).

La tecnología aditiva y sustractiva en la impresión 3D está relacionado según el proceso y técnica de fabricación que se va a utilizar. De esta manera la tecnología aditiva es aquella que permite elaborar un objeto mediante la integración de material siendo esta capa completa o este punto por punto. La tecnología sustractiva es aquella en la que se va desprendiendo para obtener el objeto deseado.

En la tabla 2, se menciona las principales tecnologías de prototipado rápido según la naturaleza aditiva o sustractiva.

**Tabla. 2.-** Tecnologías del prototipado rápido según su naturaleza.

<b>Sustractiva</b>	Capa completa	Con laser	Fabricación por cortes de laminas (Laminated Object Manufacturing, Strato Conception)
<b>Aditiva</b>	Capa completa	Sin laser	Fotopolimerización por la luz UV. (Solid Ground Curing)
	Punto por punto	Sin laser	Deposición de hilo fundido. (Fused Deposit Modelling)
			Proyección de aglutinante (3D Printing MIT)
	Punto por punto	Con laser	Estereolitografía (Solidificación de Resina). (SLA, Stereos, SPL, Solid Creation System, SOMOS Dupont)
Sinterización (SLS)			

**Fuente:** Kalpakjian y Schmid.

Según los autor expresa “En general se reserva la fabricación de precisión a la estereolitografía y cuando valora más las prestaciones mecánicas del modelo (prototipos funcionales), se prefiere el sinterizado, que ofrece más variedad de materiales: resinas fotosensibles, materiales termo fusibles, metales, cerámica, papel plastificado” (Infante, Sabastian, & Camacho, 2012)

Las siguientes tecnologías son las más difundidas actualmente:

#### 6.1.5.1 Tecnología sustractiva:

- LOM. Fabricación por corte y laminado.- se debe posicionar una hoja de papel encolado automáticamente sobre una plataforma en la que prensa por medio de un rodillo caliente adhiriendo a la hoja de base.

- PLT. El principio de funcionamiento es el mismo que LOM, sin embargo opera de una manera diferente. Ya que su principio es de fotocopia. En una impresora de láser se utiliza un tóner sin embargo aquí se utiliza PLT un polvo de resina, en donde está indicando por los datos de la sección para adherir las dos capas adyacentes de papel, imprimiendo el contorno de la sección transversal.

#### 6.1.5.2 Tecnología aditiva:

##### 6.1.5.2.1 Estereolitografía:

- SLA (Estereolitografía).- se emplea un láser UV, proyectando sobre un baño de resina fotosensible líquida donde se polimeriza. STL es otra denominación donde se le puede encontrar.
- SOLIFORM.- los principios son los mismos que el SLA, a diferencia que se utiliza una resina acrílica de uretano teniendo mejores propiedades. Teniendo mayor significado la precisión de haz de láser y las propiedades de la resina.

##### 6.1.5.2.2 Fotopolimerización:

- SGC. Fotopolimerización por luz UV.- al igual que la estereolitografía, se basa en la solidificación de un fotopolímero o resina fotosensible. A diferencia que se irradia con una lámpara de UV de gran potencia en todo los puntos de la sección simultáneamente.

##### 6.1.5.2.3 Deposición de hilo fundido:

- FDM. Deposición de hilo fundido.- mediante una boquilla o extrusor en el plano XY mediante una trayectoria horizontal va depositando un hilo material, en que estará a 1 grado por debajo del punto de fusión. Mediante la temperatura del ambiente se va solidificando y de esta forma repetitivamente por el eje Z hasta obtener el objeto deseado.

#### 6.1.5.2.4 Sinterización:

- SLS. Sinterización selectiva láser.- la deposición de una capa de polvo de decimas de mm, en una cuba la cual se ha calentado a una temperatura ligeramente inferior al punto de fusión del polvo. En el que se aplica un láser CO2 sinterizando los puntos seleccionados.

#### 6.1.5.2.5 Proyección de aglutinante:

- 3DP. El principio de funcionamiento es mediante la aplicación de una capa de polvo sobre una plataforma en un pistón en donde se realiza la impresión de una solución aglutinante sobre el polvo suelto obteniendo distintas secciones transversales que conforman el modelo. El aglutinante permite fijar el polvo y el sobrante se mantendrá suelto para su posterior utilización.

#### 6.1.6 Procesos del prototipado rápido (Procesos, técnicas y materiales de uso).

Los procesos del prototipado rápido están relacionados tanto en la técnica los tipos de cambio y los materiales a utilizar, dependiendo de estos factores se clasifica la fase de suministro o estado del material para la objetivo destinado, según se muestra en la **tabla 3**.

**Tabla. 3.-** Procesos del prototipado rápido según la fase de suministro.

Fase del suministro	Proceso	Técnica de creación de capas	Tipos de cambio de fase	Materiales
<b>Líquida</b>	Esterolitografía	Curado de capa líquida	Foto polimerización	Fotopolímeros (acrilatos, epóxidos, resinas coloreables, ...)
	Curado en base sólida	Curado y maquinado de capa líquida	Foto polimerización	Fotopolímeros
	Modelado por deposición de fundido	Extrusión del polímero fundido	Solidificación por enfriamiento	Polímeros (ABS, Poliacrílico, etc.)
	Fabricación con partículas basilísticas	Deposición de gotas	Solidificación por enfriamiento	Polímeros
<b>Polvo</b>	Impresión tridimensional	Deposición de capa de polvo y gotas de aglutinante	Sin cambio de fase	Polvos de polímeros y aglutinantes.
	Sinterización selectiva con láser	Capa de polvo	Sinterización y fundido por láser; solidificación	Polímeros.
<b>Sólido</b>	Fabricación de objetos laminados	Deposición de material en hoja	Sin cambio de fase	Papel y polímeros.

Fuente: Kalpakjian y Schmid.

## 6.2 Modelado por deposición de hilo fundido (FDM).

Fusion Deposited Modelling. FDM .- Es una tecnología aditiva la cual se va a construir punto a punto el diseño preliminar en los diferentes ejes XY de una forma horizontal y el eje Z posteriormente obteniendo el objeto tridimensional.

Según el autor manifiesta “FDM, es la tecnología de prototipado rápido más usada después de la estereolitografía, y a la que recurren los centros de diseño de las principales marcas mundiales de sectores como: automoción, aeronáutica, informática, package, etc.” (Infante, Sabastian, & Camacho, Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido, 2012)

### 6.2.1 Funcionamiento.

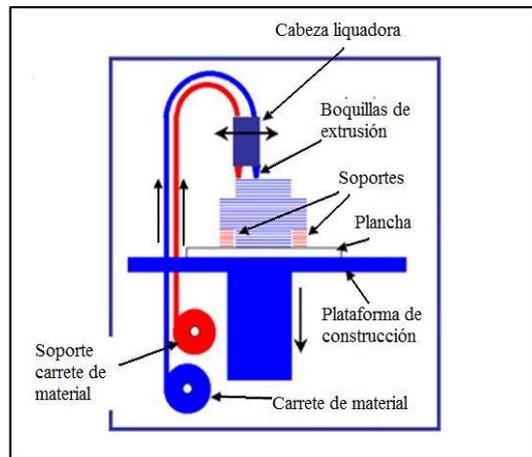
Mediante un filamento de plástico que se encuentra en un carrete abastece el material hacia una boquilla de extrusión. En donde la boquilla se encuentra alimentado por este filamento con un tamaño considerado de 1.25 mm, siendo esta calentada con una temperatura entre 0.5 a 1 °C por debajo del punto de fusión del filamento. El extrusor o boquilla se encuentra montada sobre un eje mecánico que le permite movimientos en sentido horizontal y vertical.

La boquilla se va a desplazar sobre la plancha o soporte de acuerdo a la geometría adecuada, depositando una fina capa de plástico extruida para formar la capa del objeto. El plástico se endurece inmediatamente a paso que se va a realizando el trabajo adhiriéndose a la capa que previamente fue hecha. Se encuentra ubicado el sistema dentro de una cámara la cual conserva la temperatura por debajo del punto de fusión del plástico.

El cabezal va a extruir el plástico por capas hasta que se encuentre completo el prototipo. De la misma forma para sustentar las piezas en las zonas en voladizo, se implementa la extracción de un segundo material como soporte que se elimina fácilmente posteriormente a la finalización de la pieza, un ejemplo puede ser disolverlo en agua como se muestra en la **Fig.2**. Permittiéndonos obtener prototipos funcionales por medio de materiales termoplásticos, dirigidos para ensayos y montajes incluso con materiales con una resistencia a altas temperaturas (200 °C).

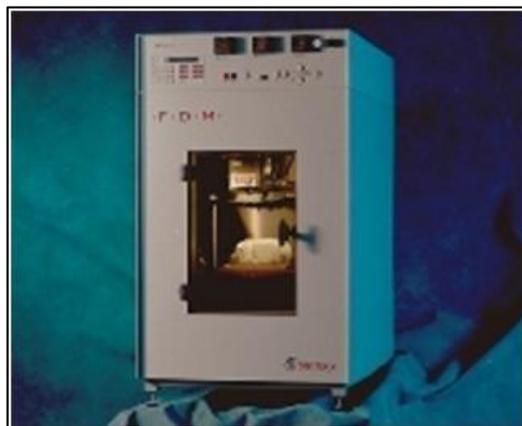
Cabe mencionar que el tamaño de las capas se pueden regular mediante la configuración de la máquina y el material los diámetros de los filamentos de plástico van entre 0.127 mm hasta 0.33 mm de espesor **Fig.3**.

**Fig. 2.-** Esquema maquina FDM.



**Fuente:** Laboratory of Information Processing Science.

**Fig. 3.-** Impresora 3D 2000.



**Fuente:** <http://www.me.psu.edu/lamancusa/rapidpro/>

### 6.2.2 Materiales.

Entre los materiales más utilizados son el ABS siendo un material de resistencia adecuada. De la misma forma se han introducido materiales como el policarbonato, mezclas PC-ABS y polifenilsulfonas, permitiendo aumentar la capacidad del método en cuanto a la resistencia y el rango de temperatura.

### 6.2.2.1 Materiales con tecnología FDM.

#### 6.2.2.1.1 Ácido polylactico (PLA).

El ácido polylactico (PLA), según el autor expresa “es un material termoplástico biodegradable. El material ofrece alta rigidez y estabilidad para productos de consumo o prototipos” (Copyright 2016 IDEOSprint, 2016). Se puede observar el detalle de la ficha técnica en el **ANEXO A 6-1**.

Entre los principales usos de este material está ligado para prototipos y modelos, juguetes y artículos deportivos y aplicaciones packaging, como se muestra en la **Fig. 4**.

Características de este material son:

- Es un material plástico biodegradable.
- La calidad de acabado es buena y su resolución.
- La estabilidad dimensional es excelente y alta rigidez.
- Es fácil de pintar y buenas propiedades de aislamiento.

**Fig. 4.-** Objeto moldeado en PLA.



**Fuente:** © Copyright 2016 IDEO Sprint

#### 6.2.2.1.2 Acrylonitrilo butadieno styreno (ABS).

El ABS, es un material termoplástico que permite, que por medio de las aleaciones químicas el material posee unas importantes propiedades mecánicas, se puede observar el detalle de la ficha técnica en el **ANEXO A 6-2**. Además se puede dar diferentes usos

entre ellos se tienen prototipos duraderos y funcionales, protecciones de equipos, accesorios para vehículos, estuches o carcasas electrónicas, accesorios electrónicos, estuches para transporte, juguetes y artículos deportivos **Fig.5**.

Algunas de las características de este material son:

- Material termoplástico para usos técnicos.
- La resistencia es alta frente a deformaciones o impacto.
- La resistencia del material ante la deformación bajo condiciones mecánicas es muy buena.
- Se puede manipular fácilmente para post procesos como pegado.

**Fig. 5.-** Carcasa mecánica hecha en ABS.



Fuente: © Copyright 2016 IDEO Sprint

#### 6.2.2.1.3 Nylon.

El Nylon es considerado como el nombre genérico de la poliamida. En el que la composición del material hace que el nylon sea un excelente producto para las aplicaciones exigentes. Se puede observar la ficha técnica en el **ANEXO A 6-3**.

En base al Nylon se puede obtener varios elementos entre ellas prototipos y piezas funcionales, cojinetes, engranes y rodamientos, piezas para la automoción, variedad de carcasas, conectores e impulsores, diferentes depósitos líquidos y tanques de gas, soportes y colectores de admisión y biocompatible USP class VI, como se muestra en la **Fig.6**.

Características de este material:

- Se da con mayor frecuencia su uso en ámbitos técnicos al ser un material termoplástico.

- Propiedades de dureza, rigidez o resistencia a la deformación.
- Resistencia a temperaturas altas.
- Resistencia a la abrasión y corrosión.
- Resistencia hacia productos químicos y gasolina.
- Resistencia hacia los insectos y hongos.
- Adhesión superior entre las capas impresas.

**Fig. 6.-** Elemento mecánico en Nylon.



**Fuente:** © Copyright 2016 IDEO Sprint

#### 6.2.2.1.4 Policarbonato (PC).

El material de policarbonato se considera como un termoplástico altamente estable y resistente. Siendo el campo de utilización aplicaciones industriales exigentes. Más detalle en la ficha técnica **ANEXO A 6-4**.

Entre los elementos que se pueden encontrar mediante la aplicación de este material son piezas funcionales resistentes, herramientas y accesorios, patrón para plegado de metal **Fig.7**.

Las características de este material son:

- Es un verdadero termoplástico industrial.
- Se obtiene del material una gran durabilidad, estabilidad, utilizada ampliamente en automoción, la medicina y otros procesos industriales.

**Fig. 7.-** Patrón para plegado de plástico (PC).



**Fuente:** © Copyright 2016 IDEO Sprint

#### 6.2.2.1.5 ULTEM 9085.

Según la página Stratasys “ULTEM 9085 ofrece un termoplástico de alto rendimiento bien investigado. Las aplicaciones avanzadas incluye pruebas funcionales, herramientas de aplicaciones avanzadas incluye pruebas funcionales, herramientas de fabricación y fabricación digital directa de piezas” (stratasys Ltd @, 2016)

La familia ULTEM proviene de resinas polieterimida (PEI) termoplástica ofreciendo increíble termorresistencia, rigidez y una gran resistencia, junto a una amplia resistencia química.

Este tipo de material es considerado un termoplástico desarrollado para producto final e ignífugo. Se puede apreciar la ficha técnica en el **ANEXO A 6-5**.

Las aplicaciones que se le da son de una forma industrial exigente para piezas de sectores comerciales del transporte, **Fig. 8**.

Algunas propiedades de este material son:

- Material termoplástico para piezas de producción.
- Ignífugo.
- Aplicado para la industria de transporte así como otras aplicaciones industriales.

**Fig. 8.-** Soporte accesorio de transporte (ULTEM 9085).



**Fuente:** © Copyright 2016 IDEO Sprint

#### 6.2.2.1.6 Polifenilsulfona (PPSF/PPSU).

Según la página Stratasys “PPSF/PPSU ofrece mayor resistencia al calor que cualquiera de los otros termoplásticos FDM, buena resistencia mecánica y resistencia al petróleo y solventes. Es esterilizable por gamma, EtO y autoclave” (stratasys Ltd. , 2016)

El material PPSF, es considerado como un termoplástico con una excelente resistencia química y térmica. En el que se caracteriza al ser esterilizado vía autoclave, Eto, plasma, químicamente o radiación. Se muestra la ficha técnica en el **ANEXO A 6-6**.

Es recomendable que el usuario realice sus propias pruebas para asegurarse del esterilizado.

Su utilización va desde material para la elaboración de prototipos funcionales, herramientas y piezas de uso final **Fig.9**.

**Fig. 9.-** Pieza final cilindro (PPSF).



**Fuente:** © Copyright 2016 IDEO Sprint

### 6.2.2.2 Comparación entre materiales.

En la siguiente **tabla 4** se pueden observar las características que tienen los diferentes materiales. Permitiendo identificar las tolerancias exactas, las pruebas exigentes y los entornos rigurosos.

Según la idea principal “Los prototipos, herramientas y accesorios FDM aguantan el uso constante de la producción más rigurosa y se comportan bien en las aplicaciones más exigentes como los prototipos HVAC y las carreras automovilísticas” (A. producto3D SmartCo, 2014).

Los sistemas HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning), están relacionados con los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado

**Tabla. 4.-** Selección de materiales termoplásticos.

MATERIALES	ABS M30	PC	NYLON 12	ULTEM 9085	PPSF
Característica	Económico	Resistencia a la tracción	Excelente resistencia a la fatiga y químicamente resistente	Certificado FST (llama, humo,...)	Máxima resistencia al calor y productos químicos
Tipo de soporte	Soluble	Rompible Soluble	Soluble	Rompible	Rompible
Tensión de rotura (ASTM, D-638)	36 Mpa	68 Mpa	48,26 Mpa	<b>115,1 Mpa</b>	55 Mpa
Límite de tensión a rotura	4%	4,8%	<b>30%</b>	5,9%	3%
Tensión a la flexión	61 Mpa	104 Mpa	68,95 Mpa	<b>115,1 Mpa</b>	110 Mpa
Impacto IZOD, sin muesca	139 J/m	53 J/m	<b>200 J/m</b>	106 J/m	58,73 J/m
Deflexión Térmica	96 °C	138 °C	75 °C	153 °C	<b>189 °C</b>
Clasificación Retardante de llama	HB 2.5 mm	HB	—	V-O 0,118/in; 3,0 mm	V-O 0,126/in; 3,0 mm
Colores disponibles	Blanco Natural Negro, Gris, Azul, Rojo	Blanco	Negro	Tostado Negro	Tostado

**Fuente:** productos3D tecnología de fabricación.

### 6.2.3 Ventajas.

- Los materiales a utilizar soportan altas temperaturas las cuales van desde los 85 °C hasta los 200 °C.
- La precisión de las piezas reflejan fielmente el diseño de la pieza real, tanto en tolerancia de forma como en dimensiones. Los campos de tolerancia máxima van desde 0.1 mm en 400 mm de longitud.
- Se pueden pintar, cromar y mecanizar.
- Las piezas son más livianas que a ejemplo de otras tecnologías como la Estereolitografía.
- No sufren deformación, son estables dimensionalmente y con buenas características mecánicas, realizando ensayos funcionales, montajes, etc.
- La velocidad de elaboración relativa al diseño y bajo coste, permite hacer pequeñas series.

### 6.2.4 Limitaciones.

- Acabado superficial no demasiado bueno, con aspecto granulado.
- Necesita soportes, dependiendo del diseño.
- Presenta escasa consistencia vertical.
- La exactitud se encuentra restringida debido al tamaño del filamento a utilizar.
- La velocidad de generación no es elevada. Ya que en la elaboración de piezas grandes y gruesas el proceso es lento.

### 6.2.5 Consideraciones geométricas.

- Las piezas creadas pueden llegar a un dimensionamiento de 914x686x1041 mm.

## 6.3 Impresión 3D.

Es una máquina CNC la cual mediante una serie de aplicaciones se crea un objeto tridimensional.

Para lo cual utilizamos un software que permite transmitir el diseño mediante un cable de datos o se podría cargar la información en una memoria extraíble para elaborar el diseño, es tan versátil económica ya que en cuestión de material usa lo necesario y se lo puede utilizar sin salir de casa.

### 6.3.1 Ejes de traslado.

La impresora 3D tiene en sí, 3 ejes en los que se va a poder trasladar de tal forma es indispensable, tener en cuenta cual es la denominación de cada uno de ellos ya que dependiendo del moviente axial bien sea horizontal, vertical o transversal se verá inmersa las conexiones de los elementos electromecánicos o actuadores hacia el panel de control en la **Fig.10**, se puede observar la denominación de los diferentes ejes que serán necesarios para la operación y mantenimiento de la impresora 3D.

**Fig. 10.-** Ejes XYZ en la impresora 3D.



**Fuente:** Ingenio Triana.

### 6.3.2 Lenguaje de programación.

El código G (G-code), es usado en la CNC (control numérico computarizado) siendo el lenguaje de programación más usado poseyendo múltiples implementaciones. Siendo usada en la automatización formando parte de la ingeniería asistida por computador. De la misma forma se la puede encontrar como lenguaje de programación G.

Siendo esta el lenguaje que las personas utilizan para decir a las maquinas herramientas controladas por computador que acción realizar. Dando órdenes como cual rápido

moverse, que trayectoria seguir o a donde moverse. En la **tabla 5**, se puede identificar algunos comandos y sus acciones.

**Tabla. 5.-** Comandos en código G y sus acciones.

<b>Comando</b>	<b>Descripción</b>
G00	Interpolación Lineal Rápida.
G01	Interpolación lineal a la velocidad programada en el registro <b>F</b> .
G02	Movimiento Circular en el sentido horario Feedrate.
G03	Movimiento Circular en el sentido anti-horario Feedrate.
G04	Es una demora o una pausa con un tiempo específico.
G17	Selección del Plano X-Y
G18	Selección del Plano X-Z
G19	Selección del Plano Y-Z
G40	Compensación anulada, o al centro de la línea de desplazamiento.
G41	Compensación a la Izquierda de la línea de desplazamiento.
G42	Compensación a la Derecha de la línea de desplazamiento.
G70	Unidad de Datos expresados en Pulgadas.
G71	Unidad de Datos expresados en Milímetros.
G90	Desplazamiento en Modo Absoluto.
G91	Desplazamiento en Modo Incremental o Relativo.

**Fuente:** r-Luis CNC.

Ejemplos:

- Fresadoras.
- Cortadoras.
- Tornos.
- Impresoras 3D.

Según el autor manifiesta “Las funciones preparatorias, también conocidas como G-Codes o Códigos G, son las más importantes en la programación CNC, ya que controlan el modo en que la máquina va a realizar un trazado, o el modo en que va a desplazarse sobre la superficie de la pieza que está trabajando” (R-Luis CNC, 2016)

### 6.3.3 Programa para la comunicación.

Existe una diversidad de programas que nos pueden servir como interfaz para la comunicación entre las máquinas CNC. En el caso de la impresora 3D se puede utilizar programas como el Repetier o el Cura. Siendo estos programas aquellos que reciben el

archivo en STL, para luego transformarlo en CODIGO-G siendo el lenguaje que permite recibir órdenes para el funcionamiento.

### 6.3.3.1 CURA.

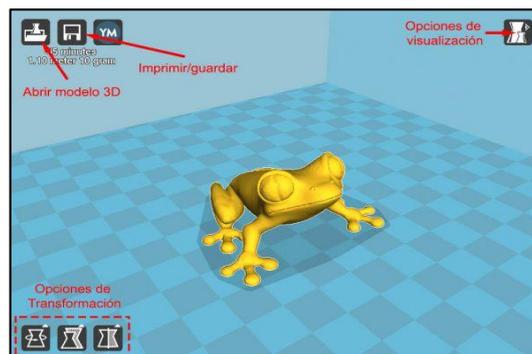
Según el autor “El Cura es un programa de laminado [...] con opciones de configuración más simples y una interfaz gráfica algo más intuitiva a la par que sencilla” (RepRap, 2013)

El cura permite mostrar en la pantalla piezas en 2D y en 3D, junto al resultado del laminado el cual te da una idea de lo que va a producir y como lo va hacer. Considerando la sencilla interfaz gráfica y mejoras intentando mover la aguja por el interior de las piezas cuando no se encuentra imprimiendo y con ello evitando hilos indeciables. Tiene la capacidad de generar láminas que son mucho más rápida que otros programas como Skeinforge, de la misma forma generan varios laminados a la vez.

Cabe mencionar que el programa Cura no solo tiene el objetivo de actuar como programa para el laminado sino también como comunicador con la impresora 3D. Siendo un todo de uno ya que aparte de generar el código G-code, este también lo envía a una impresora.

Entre las principales opciones del programa Cura, está el área de impresión en la que se representa el volumen tridimensional de la impresión. Este es el espacio con el que contamos para imprimir teniendo en cuenta que se encuentra configurado según los límites de la impresora de tal forma se deberán tener en cuenta cuando se vaya a realizar el dimensionamiento de la figura. Se puede apreciar en la **Fig.11** las distintas herramientas del área de impresión. Se puede apreciar en el manual de operaciones y mantenimiento en el **ANEXO C**.

**Fig. 11.-** Área de impresión programa Cura.



**Fuente:** Maker Zona.

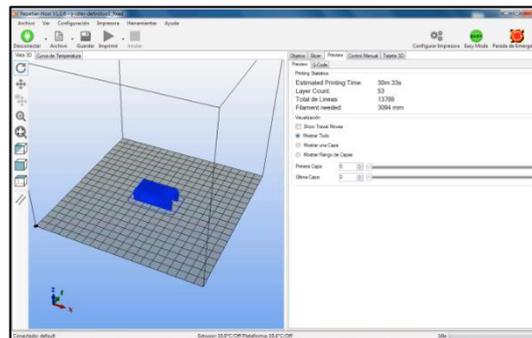
### 6.3.3.2 Repetier host.

El repetier host es un programa que permite la interfaz o comunicación entre el diseño del usuario en STL y la impresora en donde desde el propio programa las temperaturas y los movimientos al igual que el Cura este permite la visualización de la pieza en una área previa de impresión. Incluyendo el cambio de posiciones, pequeños cambios de las propias piezas

En esta lleva integrado varios laminadores, así como cura, slicer y skeinforce.

Siendo los laminadores los encargados de seccionar la pieza con altura de capa, rellenos, perímetros, etc. Se puede visualizar la impresión de la pieza a tiempo real. Fabricando el g-code con las coordenadas, velocidades y cantidad de plástico a extruir. El la **Fig.12** se puede identificar el área de impresión del Repetier Host. Se puede apreciar con más detalle en el manual de operaciones y mantenimiento en el **ANEXO C**.

**Fig. 12.-** Área de impresión programa Repetier Host.



**Fuente:** Printhatshit.

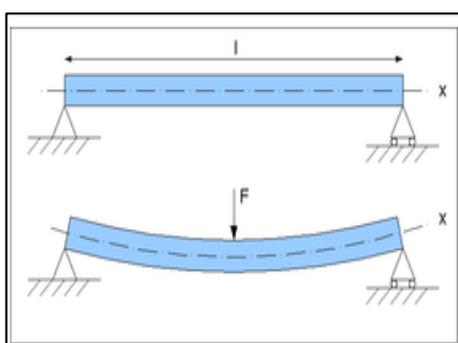
### 6.3.4 Elementos de la impresora 3D.

Los elementos que intervienen en la impresora 3D, cumplen cada uno una función específica que al ser un subsistema complementan para el sistema de la impresora 3D. Al hablar de los elementos de la impresora 3D, nos estamos dirigiendo en si después de la comunicación del ordenador el funcionamiento de cada uno de ellos y la programación que tienen desde piezas mecánicas, actuadores, estructura, placas de control, alimentadores. Etc.

#### 6.3.4.1 Estructura.

La estructura de la impresora 3D se encuentra distribuido uniformemente, en el que se pueden colocar de una manera eficiente los diferentes dispositivos, eléctricos, electrónicos, electromecánicos y de control. A considerar los diferentes esfuerzos que provocan el motor de paso en los ejes X, Y, Z no se ve afectado. De tal forma no se podría considerar de gran incidencia. Pero se podría determinar esfuerzos que se generan en eje X. como se muestra en la **Fig. 13**.

**Fig. 13.-** Esfuerzos en el eje X.



**Fuente:** Catálogos de mecánica

#### 6.3.4.2 Tarjeta de control.

La tarjeta de control GT2560, es la que permite receptar la codificación en código –G emitida desde el ordenar y a la cual controla los elementos tanto mecánicos, electromecánicos y electrónicos, que se encuentran conectados a este. De la misma forma controla que se estén ejecutando de una manera correcta. En la **Fig. 14** se encuentra descrito la placa de control.

GT2560 es un tablero compacto que se integra con la poderosa función de la Arduino Mega2560 + Ultimaker y Arduino Mega2560 + rampas 1.4 en el respeto de software y hardware y tiene más funciones de calidad: las interfaces simplificados evitan de manera efectiva los problemas innecesarios, compactación bien regulada de componentes altamente integrado ahorra más espacio y más fácil de ser montado en la mayoría de aplicaciones. (GE tech Wiki, 2015)

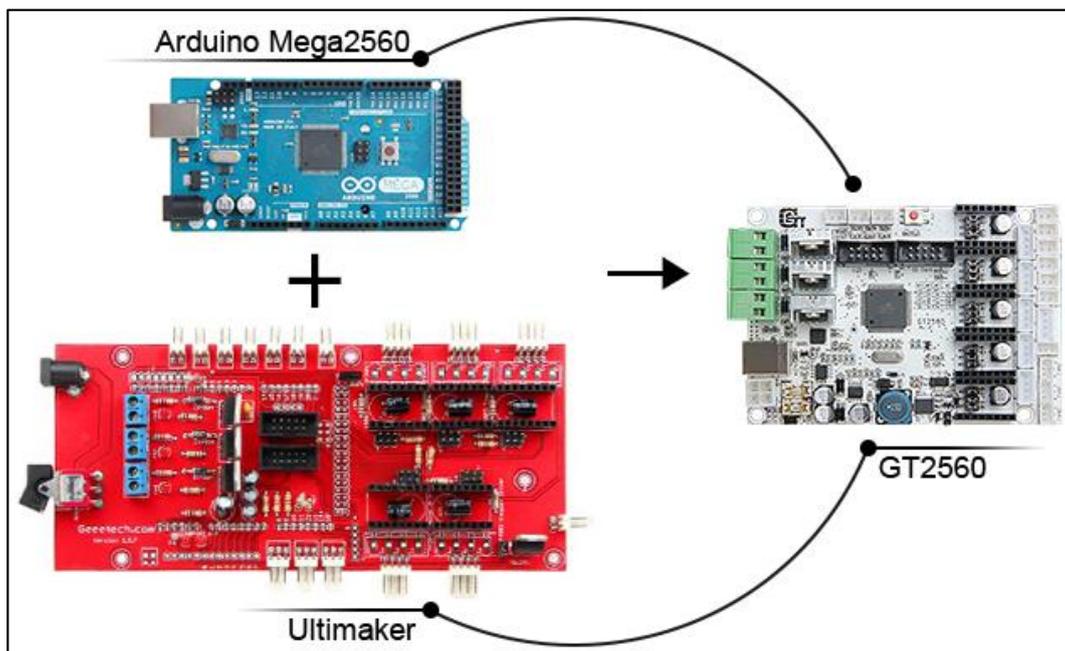
**Fig. 14.-** Tarjeta de control GT2560.



Fuente: GE tech wiki

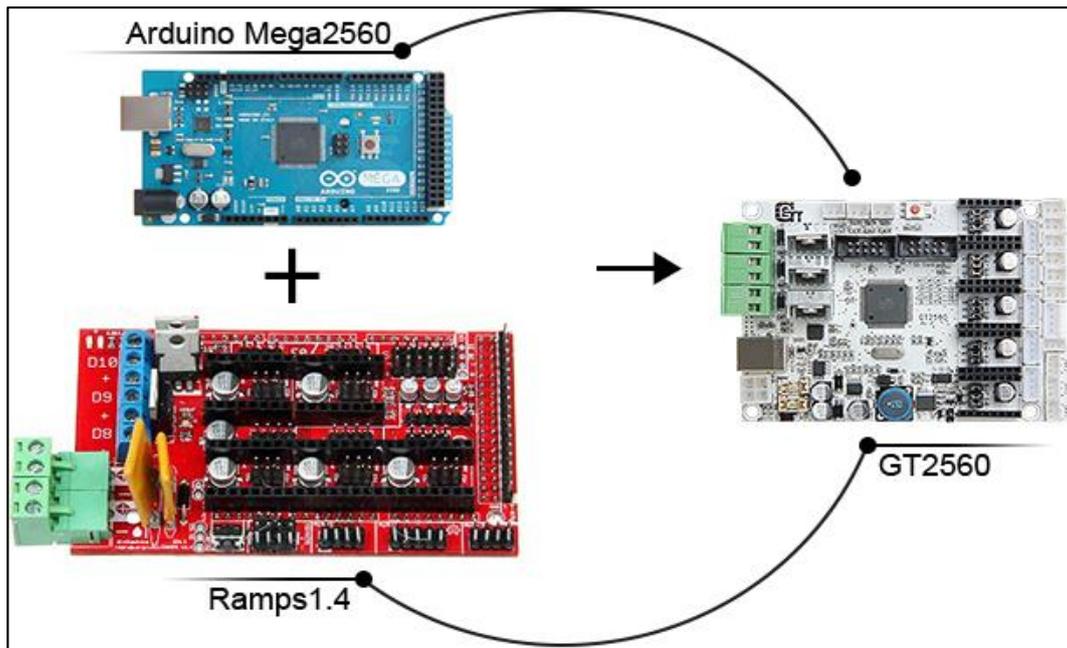
El arduino es un elemento muy conocido en el área de programación y control, permitiéndonos el control de diferentes variable integrando elementos dependiendo de su función. La tarjeta de control GT 2560, permite integrar las funciones de este bien sea con la tarjeta de control ULTIMAKER O PAMPS 1.4. Como se muestra en la **Fig. 15** y **Fig. 16**.

**Fig. 15 .-** Combinación del Arduino Mega 2560 y Ultimaker



Fuente: GE tech wiki

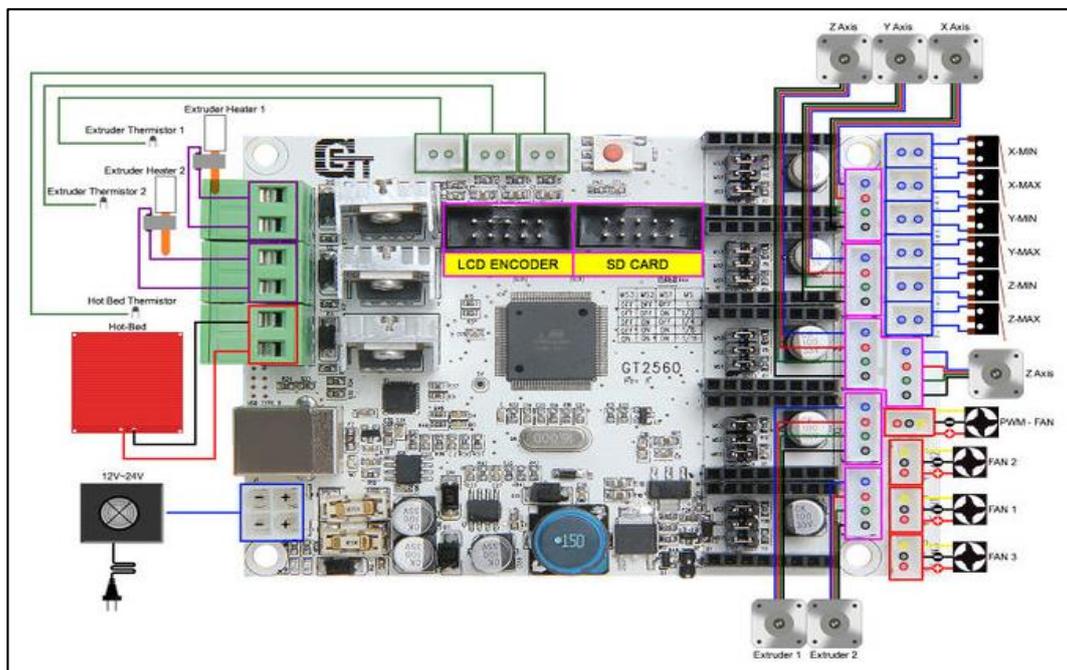
**Fig. 16.-** Combinación del Arduino Mega 2560 y Ramps 1.4.



**Fuente:** GE tech wiki

Las conexiones que se realizan en la tarjeta de control GT2560 deben estar acorde a las especificaciones que se encuentra en la **Fig. 16**, en esta se puede apreciar las diferentes salidas para los actuadores en los que funcionaran acorde a las órdenes que emita esta tarjeta.

**Fig. 17.-** Conexiones tarjeta GT2560.



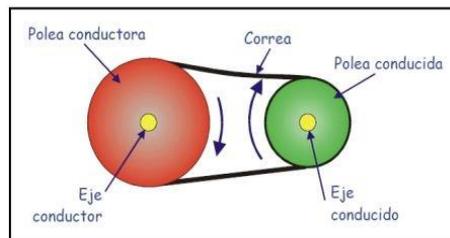
**Fuente:** GE tech wiki

### 6.3.4.3 Mecanismos de transmisión de movimientos.

#### 6.3.4.3.1 Polea- correa sincronizada.

Es un mecanismo que permite transmitir el movimiento circular del sentido de giro del motor, convirtiéndole en un movimiento lineal. En donde se va a una polea conectada tanto a un eje rotacional acoplado del motor a un rodamiento pasivo permitiendo tener un movimiento lineal en el eje de la polea. Como se muestra en la **Fig. 18**.

**Fig. 18.-** Sistema de transmisión de movimiento polea correa.



**Fuente:** Mecanismos

#### 6.3.4.3.2 Tornillo- tuerca.

Este mecanismo consta en si de una tuerca y un tornillo, permitiendo transformar un movimiento circular en rectilíneo en el que se basa a una fórmula para el cálculo del paso de movimiento. En la Fig.19 se permite observar los diferentes parámetros que están inmersas en este mecanismo.

$$a = p \cdot n \quad (1)$$

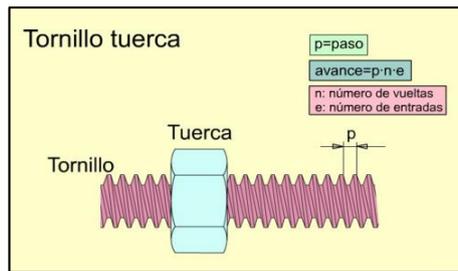
Donde:

a= avance del elemento móvil.

P= es el paso del tornillo.

n= es el número de vueltas

**Fig. 19.-** Sistema de transmisión de moviente tornillo- tuerca.



Fuente: <https://sites.google.com/site/8dlosstim14/mecanismo>

#### 6.3.4.4 Motores de paso.

Es considerado como un dispositivo electromecánico, que es controlado por medio de una serie de impulsos eléctricos que son transformados en series de pasos.

Según el autor “Uno de los primeros problemas que nos encontramos en el proceso de diseño y ajuste de una máquina que utilice motores paso a paso, es la selección de un motor y driver adecuados y su posterior calibración eléctrica.” (©2013 DIMA 3D , 2015)

Las ventajas de tener un motor a pasos son:

- La velocidad de giro no es grande.
- El posicionamiento es preciso de manera sencilla.
- El control se lo hace en bucle abierto.
- a comparación con otros motores el control eléctrico es más complejo.

#### 6.3.4.5 Extrusor.

El extrusor es un elemento que me permite la extracción del hilo filamento de PLA, ABS o material a seleccionar, para poder fundir y crear las capas que formaran la figura a seleccionar previamente. Maneja altas temperaturas ya que dependiente de las características de los materiales van seleccionando la temperatura adecuada por tal motivo se encuentra integrado un sistema de refrigeración junto de un motor de paso para el manejo del filamento. En la **Fig.20** se muestra el extrusor con sus componentes.

Según el autor “El extrusor es un elemento que está compuesto de varias piezas y puede ser muy diferente de una impresora a otra, incluso puede ser diferente entre dos impresoras iguales ya que, en principio, se podría cambiar y adaptar según la impresora, el extrusor y la electrónica de cada una [...]” (Rodríguez, 2014).

**Fig. 20.-** Extrusor impresora 3D.



Fuente: AliExpress

Entre los parámetros más recomendables según el manual de CURA, expresa que se debe considerar las siguientes temperaturas tanto en el extrusor como en la plancha y una cierta velocidad. Como se muestra en la **tabla. 6**.

**Tabla. 6.-**Temperaturas recomendables para impresión 3D

Elementos de maquina 3D.	Velocidad	Material	
		PLA	ABS
Extrusor	28 mm/s	190-210°	220-240°
Cama o plancha (Bed)		0-30°	80-110°

Fuente: Manual Cura

#### 6.3.4.5.1 Motor pasó a paso para filamento.

Este motor es el encargado de empujar el filamento de PLA, ABS, etc. Desde la bobina hacia la boquilla para ser depositado el material de impresión en el elemento de construcción. Este motor se encuentra controlado por la placa de control y esta emite señales que son receptadas por el motor para gira en pequeños pasos (fracciones de giro) para obtener la cantidad necesaria de material.

#### 6.3.4.5.2 Engranaje de tracción.

El engranaje de tracción es el que se encuentra a un costado o arriba del motor de paso permitiendo aplicar tracción sobre el filamento en el que se desplace paso a paso y gire.

#### 6.3.4.5.3 Engranaje reductor.

Dependiendo de los casos se utiliza un engranaje de mayor diámetro el cual va a permitir ejercer una fuerza mayor sobre el filamento para el arrastre. Considerando que el engranaje que va en el eje del motor no pueda realizar su función de una forma eficiente.

#### 6.3.4.5.4 Rodamiento de presión.

Es considerado como un rodamiento simple y sencillo. Cumpliendo a la función de presionar el filamento sobre el engranaje de tracción, desplazando el filamento acorde de la impresora emita la comunicación al extrusor.

#### 6.3.4.5.5 Guía de filamento.

Es un tubo simple que permite guiar al filamento desde el motor hasta la boquilla, el diámetro del tubo es para que pase el filamento solido hacia la boquilla, el filamento por lo usual es de 1.75 mm.

#### 6.3.4.5.6 Hotend.

Es el elemento que calienta el filamento permitiendo diluir lo suficiente para que salga por la boquilla del extrusor. Siendo un tubo vertical por el cual el filamento aun sólido y afuera se calienta para que la temperatura generada llegue al interior del filamento.

#### 6.3.4.5.7 Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura es aquel que permite llevar los datos generados en el extrusor hacia la placa de control en donde se dará el control debido para que el filamento salga con la temperatura adecuada hacia el elemento de construcción.

#### 6.3.4.5.8 Boquilla de salida.

Es simplemente un cono donde va llegando el materia caliente depositando en la parte más ancha para luego salir por el agujero más pequeño el diámetro de la abertura es de 0.4 mm.

#### 6.3.4.6 Power supply (fuente de poder).

La fuente de poder es aquella en transformar la energía eléctrica de 110/220 V en +/- 15%, para tener una salida de 12 V de 17 A. la cual va a alimentar a la impresora 3D. Como se muestra en la **Fig. 21**.

**Fig. 21.-** Fuente de poder Heacent S-200-12.



Fuente: dx-dealextrme

#### 6.3.4.7 Plancha de calentamiento.

La plancha de calentamiento, es aquella que me permite variar la superficie la temperatura para la adherencia del filamento extruido. La temperatura dependiendo del material que se lo vaya utilizar va a ser su variación. Hay que considerar que si se está trabajando con materia PLA la temperatura es de 0°C pero se recomienda que se lo caliente previamente a 30 °C ya que adquiere mayor templanza. De la misma forma si se va a emplear lo que es material ABS, lo más recomendable es que este entre una temperatura de 220-240 °C de temperatura. Como se muestra en la **Fig.22**.



## Específicos

- Investigar los distintos procesos de fabricación de objetos físicos por medio de una investigación bibliográfica determinando los pasos a considerar para el proceso de impresión 3D.
- Implementar una impresora 3D de acuerdo a las tendencias de desarrollo de máquinas CNC.
- Construir una impresora 3D, que permita tecnificar los procesos de construcción para producción de prototipos de plástico.

## 8.-OBJETIVOS ESPECIFICOS, ACTIVIDADES Y METODOLOGÍA

**Tabla. 7.-** Objetivos, actividades y metodología

<b>Objetivo 1</b>	<b>Actividad</b>	<b>Resultado de la actividad</b>	<b>Descripción de la metodología por actividad</b>
Investigar los distintos procesos de fabricación de objetos físicos por medio de una investigación bibliográfica determinando los pasos a considerar para el proceso de impresión 3D.	Verificar diferentes fuentes bibliográficas	Determinar los diferentes procesos de investigación 3d	Método Analítico
Implementar una impresora 3D de acuerdo a las tendencias de desarrollo de máquinas CNC.	Estudio de mercado sobre impresiones 3D	Ausencia de este tipo de Tecnología.	Método Exploratorio
Construir una impresora 3D, que permita tecnificar los procesos de construcción para producción de prototipos de plástico.	Contacto con proveedores. Adquisición de elementos necesarios para la construcción de la maquina.	Ensamblaje de la máquina.	Trabajo de Campo

## 9.-PRESUPUESTO DEL PROYECTO

### 9.1 Talento Humano.

CONCEPTO	Cantidad
Postulante	2
Asesor	1
Expertos	1
Persona con dominio	1
Población (laboratorio de robótica)	45

### 9.2 Recursos materiales.

#### ▪ Administrativo

CONCEPTO	Cantidad
Internet	20
Hojas de papel Boom	250
Marcadores	2
Esferos	2
Cuaderno de apuntes	1
Copias	60

#### ▪ Técnico.

CONCEPTO	Cantidad
Destornilladores	4
Pinzas	2
Conductores	5
Estilete	2
Ejes enroscados	2
Power supply (fuente de poder)	1
Placa de cobre	1
Circuitos integrados	20
Estaño	5
Placa de calentamiento	5
Motores de paso	4
Bandas transmisoras de potencia	2
Panel de control	1
Cinta aislante	10
Pomada aislante	1
Circuitos de potencia	1

### 9.3 Recursos técnicos (equipos)

- **Administrativo**

CONCEPTO	Cantidad
Software	3
Laptops	2
Impresoras	1

- **Técnico.**

CONCEPTO	Cantidad
Sistemas eléctricos y electrónicos	1
Multímetro	1
Calibrador	1

### 9.4 Recursos económicos.

- **Administrativo**

CONCEPTO	Valor unitario	Cantidad	Valor total
<i>Recursos materiales</i>			
Internet	\$ 0.60	50	\$ 30
Hojas de papel Boom	\$ 0.01	50	\$ 0.5
Marcadores	\$ 0.60	2	\$1.20
Esferos	\$ 0.40	10	\$ 4
Cuaderno de apuntes	\$ 4	2	\$ 8
Copias	\$ 0.02	150	\$ 3
<i>Recursos técnicos</i>			
Software	\$ 10	1	\$ 10

- **Técnico.**

CONCEPTO	Valor unitario	Cantidad	Valor total
<i>Talento humano</i>			
Persona con domino	\$ 200	1	\$ 200
<i>Recursos materiales</i>			
Destornilladores	\$ 1.20	4	\$ 4.80
Pinzas	\$ 7	2	\$ 14
Conductores	\$ 1.20	5	\$ 6
Estilete	\$4	2	\$ 8
Ejes enroscados	\$ 10	2	\$ 20
Power supply (fuente de poder)	\$5	3	\$ 15
Placa de cobre	\$ 10	1	\$ 10
Circuitos integrados	\$4	20	\$ 80
Estaño	\$5	5	\$ 25

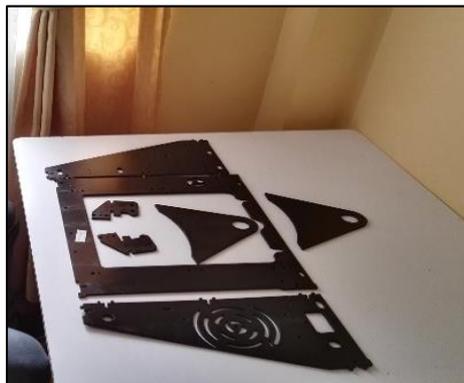
Motores de paso	\$ 10	4	\$ 50
Bandas transmisoras de potencia	\$5	2	\$ 20
Panel de control	\$150	1	\$ 150
Soporte de plástico	\$ 7	3	\$ 21
Cinta aislante	\$8	10	\$ 80
Pomada aislante	\$2	1	\$ 2
Circuitos de potencia	\$8	1	\$ 40
<i>Recursos técnicos</i>			
Sistemas eléctricos y electrónicos	\$ 10	2	\$ 20
Multímetro	\$24	1	\$ 24

## 10.- DISEÑO EXPERIMENTAL Y ANALISIS DE LOS RESULTADOS

- Determinación de piezas de acople.

La estructura es la parte importante de la impresora ya que en esta se acoplara los diferentes elementos tanto eléctricos, mecánicos, electrónicos, etc. Debe estar diseñado acorde a las dimensiones de cada elemento o dispositivo. Para obtener un funcionamiento adecuado y eficiente. La estructura de la impresora 3D se encuentra implementada con madera prensada como se muestra en la **Fig. 24**, cuyas características permitirán resistir los diferentes esfuerzos ejercidos por los movimientos axiales en los ejes X, Y, Z de los motores. Se debe tener en consideración las perforaciones para el sistema de refrigeración de la placa del controlador 2560 Rev. A y de la fuente de poder (POWER SUPPEY), siendo estos elementos los que manejan potencias considerables por las funciones que realizan.

**Fig. 24.-** Diagrama de bloques de un controlador PID.



**Fuente:** Investigador.

Los motores a utilizar para la construcción y obtener los movimientos que serán conectados desde la tarjeta son, son motores de paso que permitirán obtener el control en base a señales que permitirán el control de giro en varias posiciones hasta cumplir los 360 grados que completaría la vuelta, estos motores son los que van a estar constituyendo en los ejes a realizar la impresión que son los ejes x, y, z de un plano.

**Fig. 25.-** Motor de paso bipolar



**Fuente:** Investigador.

Se puede observar la armada junto a la estructura y los motores que permitirán los movimientos de giro en las siguientes imágenes, se puede observar el acople del motor a la estructura para el movimiento en el eje x. Que después se procederá a controlar con la tarjeta que se explicara a continuación.

**Fig. 26.-** Armado de eje Z

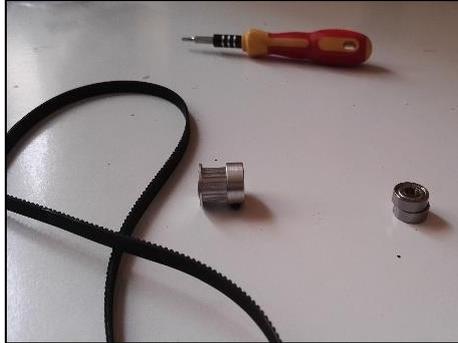


**Fuente:** Investigador.

Uno de los sistemas de transmisión de movimientos es la polea y correa sincronizada, en la que por medio del motor se va a trasladar el movimiento en el eje x ya que en este punto es donde se va a colocar el extrusor para la realización de la impresión. Junto a esto podemos encontrar los sistemas de rodamientos que permitirán los movimientos del eje z

este sistema de rodamientos permiten el movimiento en dos grados de libertad, obteniendo una dirección de giro.

**Fig. 27.-** Polea y correa sincronizada.



**Fuente:** Investigador.

**Fig. 28.-** Sistema de rodamientos lineales.



**Fuente:** Investigador.

Para armar el eje x, se puede tener varios elementos desde el motor de pasos que va colocado hasta el sistema de transmisión de movimiento para poder maniobrar en extrusor, en este eje se puede observar la forma del sistema y como las partes van a conformar un todo de la estructura mencionada.

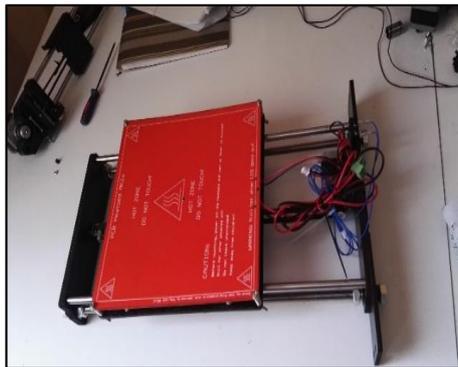
**Fig. 29.-** Armado de eje X.



**Fuente:** Investigador.

Para el eje y se tiene en el sistema un motor de paso que va a controlar la plataforma en donde se va a realizar la impresión de la figura, aquí se puede encontrar la placa de niquelina que es la encargada de calentarse y siendo controlada por un sensor de temperatura para que se pueda adherir el plástico PLS o ABS obteniendo una mayor sujeción y que la figura quede adherida para proceder realizar el laminado junto al mallado de las piezas. Los sistemas de movimientos de encuentran conformados con ejes en los que se tienen los sistemas de movimiento de axial

**Fig. 30.-** Armado de eje Y (plataforma).



**Fuente:** Investigador.

**Fig. 31.-** Armado de eje Y (ejes de movimiento).



**Fuente:** Investigador.

Al ser colocadas los distintos ejes a la estructura se procederá a verificar que se encuentren acoplados en función de los movimientos que se van a realizar conformando un sistema de los diferentes subsistemas de la estructura. Se proceda a colocar sobre los soportes en el que el movimiento de cada uno de los subsistemas cumpla las funciones designadas.

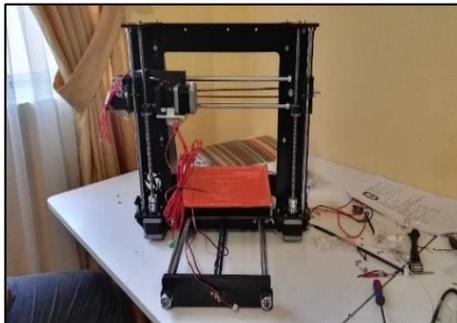
**Fig. 32.-** Acople de los tres ejes mediante guías y ejes roscados.



**Fuente:** Investigador.

Una vez terminado de armar la estructura y los diferentes ejes del sistema se puede observar el sistema de movimiento en los diferentes ejes acoplados a la estructura después de esto se procederá a colocar la tarjeta principal la cual va a dar las diferentes señales que permitirá obtener que los motores trabajen en un todo.

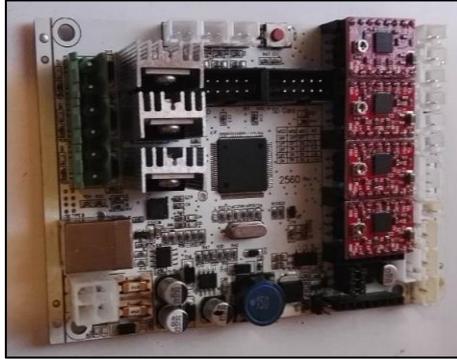
**Fig. 33.-** Vista preliminar de los ejes X, Y, Z.



**Fuente:** Investigador.

El controlador 2560 Rev.A, es el que va a tener el control de todo el sistema desde los motores de paso, los sistemas de refrigeración, el explosor, los diferentes sensores de temperatura que se tienen en el sistema permitiendo conectar desde la computadora hasta la estructura a los diferentes mecanismos, esta funciona con una fuente de 12V. En la que se tiene incluida la placa de control y de potencia. De la misma forma este es el punto donde se realiza el interfaz con el panel de control de la impresora 3D.

**Fig. 34.-** Controlador 2560 Rev.A.



**Fuente:** Investigador.

Se puede observar la fuente poder la cual se encuentra alimentada en voltajes comprendidos de 220/120 V ac a 12 V dc, esta es la encargada de suministrar la energía eléctrica a a la placa principal y con ella a los circuitos de control y de potencia que se tienen en la impresora.

**Fig. 35.-** Fuente de poder.



**Fuente:** Investigador.

Se encuentra controlada con un interruptor que permitirá el control del suministro de energía eléctrica desde la red hacia el equipo junto a perforaciones que permitirán tener un sistema de ventilación para la fuente de voltaje.

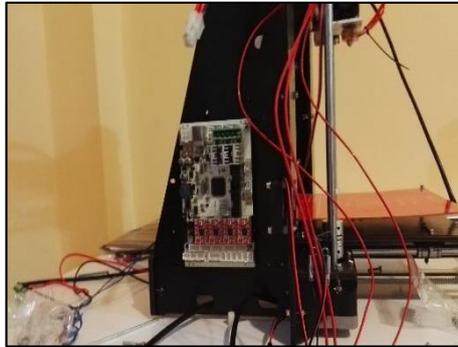
**Fig. 36.-** Entrada fuente de poder interruptor.



**Fuente:** Investigador.

El acople del controlador estará distante de la fuente de voltaje y tendrá en ella un sistema de refrigeración dirigida para para este sistema ya que en estas vera inmersa elementos de control como elementos electrónicos de potencia y aquí se realizaran las conexiones delos diferentes ejes, sistemas de control de temperatura, extrusor.

**Fig. 37.-** Acople de controlador.



**Fuente:** Investigador.

El panel de control es elemento que nos permita la configuración directa en el en la impresora la cual está conectada directamente al circuito de control desde este punto se puede dar el controla y la calibración de las diferentes partes de la impresora 3D. Y la señal de inicio o pausa que se necesita sienta el interfaz de comunicación del equipo.

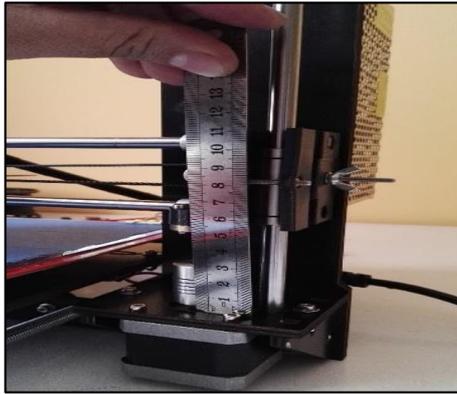
**Fig. 38.-** Colocación del regulador y panel de control.



**Fuente:** Investigador.

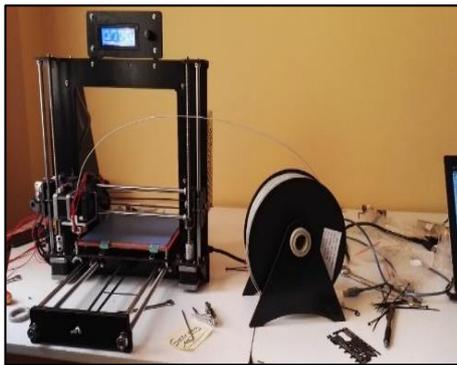
La calibración de los diferentes elementos en el sistema es importante ya que de esta dependerá la exactitud de funcionamiento y la impresión de las piezas se debe determinar cada uno de los ejes que se encuentran en el sistema para proceder dar inicio a la impresión hay diferentes sistemas de calibración y en cada una de ellas se debe comprobar el que el error sea mínimo ya que de esta dependerá la precisión de la pieza mecánica.

**Fig. 39.-** Calibración del eje Z.



**Fuente:** Investigador.

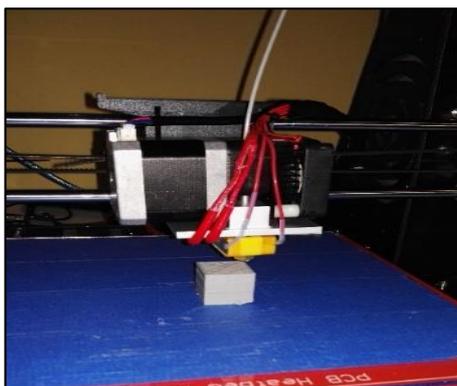
**Fig. 40.-** Encendido de impresora 3D.



**Fuente:** Investigador.

Se debe tener en consideración las diferentes variables que intervienen en la maquina procurando ver que las conexiones se encuentren acorde a la implementación para el encendido, debiendo tener las medidas adecuadas para que no se produzca ningún tipo de daño en la máquina.

**Fig. 41.-** Impresión de un cubo en 3D.



**Fuente:** Investigador.

## **COMPROBACION DE HIPOTESIS.**

De acuerdo al empleo de la tecnología CNC (control numérico computarizado) siendo esta la impresora 3D, permite tecnificar la elaboración de prototipos según se van realizando en el laboratorio de Robótica. Proporcionando piezas mecánicas para las diferentes actividades. La utilización de la fibra de plástico bien sea ABS o PLA, serán la materia prima para la realización donde se debe tener en cuenta las temperaturas y la velocidad a utilizar ya que esta variaría la calidad de la impresión en 3D. Alcanzando errores de impresión en 1-5% dependiendo su ajuste. Se debe considerar un proceso adicional lijado, pulido, pintura para una mejor perfección de la pieza.

En el eje z, es donde se va a encontrar mayor variación debido a los ejes verticales y la transmisión de movimiento mediante el mecanismo tornillo tuerca variando entre 1-3% en la exactitud de la pieza.

## 11.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 11.1 Conclusiones

- Existe una diversidad de procesos para la creación de piezas en 3D, entre ellas las tecnologías aplicadas aditivas y sustractivas. De estas la más utilizada es la aditiva siendo la técnica del FDM (Material depositado fundido), el más utilizado y más accesible a relación de los costos con las otras técnicas, ya que desde sus materiales de construcción hasta la materia prima (PLA, ABS, etc.) a utilizar cada vez se hace más accesible.
- Una maquina CNC, en si consiste su funcionamiento en el control numérico computarizado, como tal la impresora 3D a implementar se encuentra en los parámetros establecidos y tienen como datos de entrada se tiene el código G emitido por un software en este caso el Cura transformando de esta forma el diseño establecido hacia la máquina que por medio de la tarjeta de control GT2560, va a permitir emitir las señales a sus actuadores siendo algunos sistemas de lazo abierto como los motores de paso y lazo cerrado los termistores.
- La impresora 3D permite realizar diseños que van acorde a las necesidades del club de robótica. Al utilizar materiales que permiten sus modificación después de haber finalizado su impresión de tal forma permitiendo tener una pieza final con mejores acabados, si se ha encontrado inconvenientes en el eje Z, por la calibración y el movimiento que genera los motores de paso en el mecanismo de transmisión de movimiento tornillo tuerca.

## **11.2 Recomendaciones**

- Para que la impresión de los objetos en tercera dimensión no tengan ningún defecto el operario debería ver las especificaciones del fabricante primero.
- Al momento de inmiscuirse en el área realizar estudios previos de muchos experimentos ya realizados para tener un mejor aprovechamiento de la impresora 3D.
- Calibrar bien los ejes de la impresora 3D para obtener una mejora en las impresiones de tercera dimensión.
- Comprobar los parámetros de funcionamiento tanto de la maquina como la del interfaz para que no exista ningún error al momento de imprimir.

## 12.- BIBLIOGRAFIA

- Control Numérico Computarizado, *Copyright 2015 Tangient LLC*. (s.f.). ( Creative Commons Attribution Share-Alike 3.0 Licens) Recuperado el 22 de mayo de 2015, de <http://control-pid.wikispaces.com/>
- Motores Paso a Paso, ©2013 DIMA 3D . (5 de Enero de 2015). *Motores paso a paso en impresión 3D*. Obtenido de <http://www.dima3d.com/motores-paso-a-paso-en-impresion-3d-i-nociones-basicas-2/>
- Materiales de Produccion, A. producto3D SmartCo. (2014). *Materiales de nivel producción*. Obtenido de <http://producto3d.com/termoplasticos-fdm/>
- Materiales de Impresion, Copyright 2016 IDEOSprint. (2016). *Ideos3D printing solutions*. Obtenido de Materiales para la impresión : <http://www.ideosprint.com/sp/materials/materials-pjp/>
- Prototipado Rapido, Digitada2. Tecnología & comunicación . (s.f.). *Prototipado rapido* . Obtenido de <http://www.protorapido.es/que.pdf>
- Impresoras 3D, Escobar, C. (19 de Junio de 2013). *ABS Y PLA: DIFERENCIAS, VENTAJAS Y DESVENTAJAS*. Obtenido de <https://impresoras3d.com/blogs/noticias/102837127-abs-y-pla-diferencias-ventajas-y-desventajas>
- Placas arduino, GE tech Wiki. (23 de Julio de 2015). *GT 2569*. Obtenido de <http://www.geeetech.com/wiki/index.php/GT2560>
- Tipo de Fundicion, Infante, R., Sabastian, M., & Camacho, A. (13 de Marzo de 2012). *Procesos de conformado de materiales poliméricos por prototipado rápido*. Obtenido de Modelado por deposición de hilo fundido (FDM): <https://tfmrimuned.wordpress.com/modelado-por-deposicion-de-hilo-fundido-fdm/>
- Materiales Polimericos, Infante, R., Sabastian, M., & Camacho, A. (13 de Marzo de 2012). *Procesos de conformado de materilaes poliméricos por prototipado rápido*. Obtenido de Clasificacion de las tecnologías de prototipadorapido: <https://tfmrimuned.wordpress.com/clasificacion-de-las-tecnologias-de-prototipado-rapido/?blogsub=confirming#subscribe-blog>
- Introduccion al Programa CURA, RepRap. (3 de Enero de 2013). *Introducción a Cura*. Obtenido de [http://www.reprap.org/wiki/Introducci%C3%B3n\\_a\\_Cura/es](http://www.reprap.org/wiki/Introducci%C3%B3n_a_Cura/es)
- Programas para Control Nmerico Computarizado, R-Luis CNC. (4 de 5 de 2016). *Códigos para CNC*. Obtenido de <http://r-luis.xbot.es/cnc/codes03.html>
- Extrusion de Material, Rodriguez, J. (26 de septiembre de 2014). *Mi bq y yo*. Obtenido de Asi funciona la extrusión en las impresoras 3D: [http://www.mibqyyo.com/articulos/2014/09/22/asi-funciona-la-extrusion-en-las-impresoras-3d/#/vanilla/discussion/embed/?vanilla\\_discussion\\_id=0](http://www.mibqyyo.com/articulos/2014/09/22/asi-funciona-la-extrusion-en-las-impresoras-3d/#/vanilla/discussion/embed/?vanilla_discussion_id=0)
- Impresión 3D, stratasys Ltd @. (2016). *Impresion 3D ULTEM 9085*. Obtenido de <http://www.stratasys.com/mx/materiales/fdm/ultem-9085>
- Prototipado Rapido, Stratasys Ltd. (2016). *Stratasys inventa la impresion 3D*. Obtenido de Protipado rapido : <http://www.stratasys.com/es/resources/rapid-prototyping>
- Impresión 3D, stratasys Ltd. . (2016). *Impresion 3D con PPSF/PPSU*. Obtenido de <http://www.stratasys.com/mx/materiales/fdm/ppsf-ppsu>

# ANEXOS