

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE ELECTROTECNIA Y COMPUTACIÓN
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA



“Implementación de una impresora 3d para la construcción de un kit didáctico de prácticas electrónicas para el departamento de electrónica industrial del Instituto Tecnológico Nacional (INTECNA).”

TRABAJO MONOGRÁFICO PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

Br. Giovanni Alexander García Cuadra

Br. Víctor Manuel Flores Maradiaga

Tutor:

Ing. Álvaro Antonio Gaitán

Managua – Nicaragua

24 de mayo de 2019

Dedicatoria

Dedico este trabajo a mi familia.

Víctor Manuel Flores Maradiaga

Dedico este trabajo monográfico a mis seres queridos y a mi papá, quien siempre estuvo apoyándome incondicionalmente a lo largo de mi carrera.

Giovanni Alexander García Cuadra

Agradecimientos

Agradezco a mi mamá, tíos, abuela por todo el apoyo brindado hasta el día de hoy. A nuestro tutor Ing, Álvaro Gaitán por su colaboración durante este trabajo.

Víctor Manuel Flores Maradiaga

Agradezco a mi familia por el apoyo que siempre han brindado, a mis amigos y compañeros de clases con los que compartimos grandes experiencias y dificultades las que juntos supimos superar.

Gracias a los maestros que estuvieron ahí para brindar asesoría y compartir sus conocimientos los que me sirvieron para crecer y formarme ética y profesionalmente en esta carrera.

Giovanni Alexander García Cuadra

Resumen

En el presente trabajo monográfico se muestran los resultados de la implementación de una impresora 3d de bajo costo para, posteriormente, construir un kit didáctico de prácticas electrónicas para el laboratorio de Electrónica Analógica del Instituto Tecnológico Nacional (INTECNA),

El kit didáctico es fácil de usar y ayuda a realizar el montaje de los circuitos de forma más ordenada, es resistente y fácil de guardar, brinda la facilidad al momento de reemplazar los componentes dañados y todos los componentes se puedan adquirir en Nicaragua, además, tiene un costo de reproducción asequible para la institución.

Abstract:

In this monographic document shows the results of the implementation of a low-cost 3D printer, used to build an electronic didactic kit for national technological institute's electronic (INTECNA) practice's laboratory.

The kit is easy to use and helps to mount electronic circuits in a sorted way, it is resistant and easy to storage, it gives an easy way to replace the damaged devices, and all components can be found in Nicaragua, also, it is a low-cost acquisition for the institute.

Contenido

I.	Introducción	1
II.	Justificación	2
III.	Objetivo general	3
Capitulo 1:	Marco teórico	4
1.1.	Impresión 3d	4
1.1.1.	Impresora 3D.....	4
1.1.2.	Tecnologías de impresión en 3D	4
1.1.2.1.	Sintetizad por láser selectivo	4
1.1.2.2.	Estereolitografía	5
1.1.2.3.	Modelado por deposición fundida	6
1.1.3.	Hardware de impresora 3d.	6
1.1.3.1.	Motor paso a paso:	7
1.1.3.2.	Driver motor:.....	7
1.1.3.3.	RAMPS.....	8
1.1.3.4.	HeatBed.....	8
1.1.3.4.1.	Warping.....	8
1.1.3.5.	HotEnd.....	8
1.1.3.5.1.	Tipos de HotEnd:	9
1.1.3.5.1.1.	Titan Aero:.....	9
1.1.3.5.1.2.	Super volcano:.....	9
1.1.3.5.1.3.	E3D V6:	10
1.1.3.6.	Extrusor	10
1.1.3.6.1.	Extrusor Bowden	10
1.1.3.6.2.	Ghosting.	11
1.1.3.7.	ATmega 2560:.....	11
1.1.4.	1.2 Software de impresora 3d.....	11
1.1.4.1.	1.2.1 Marlin Firmware	11
1.1.4.2.	G-Code.....	12
1.1.4.2.1.	Ingeniería asistida por computadora:	13
1.1.4.3.	1.2.3 Repetier-Host.	13
1.1.5.	Modelado geométrico 3d.....	14

1.2.	Materiales de impresión considerados.....	14
1.2.1.	Acrilonitrilo butadieno Estireno (ABS):	14
1.2.2.	Ácido Poliláctico (PLA):.....	15
1.3.	Modelos de impresora 3d tomados en consideración.....	16
1.3.1.	LulzBot TAZ 6.....	16
1.3.1.1.	Lulzbot Taz Aeroextruder:.....	18
1.3.1.2.	Lulzbot Taz MOARstruder:	18
1.3.2.	Kossel.....	19
1.3.3.	Prusa i3	21
1.4.	Laminadores de objetos.....	23
1.4.1.	Cura.	23
1.4.2.	CraftWare	24
Capítulo 2:	ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	26
2.1.	Etapas de análisis.....	26
2.2.	Etapas de diseño de prototipos:	27
2.2.1.	Kit Didáctico de cubos de encaje con conectores laterales.	28
2.2.2.	Entrenador de prácticas electrónicas.....	29
2.2.3.	Kit didáctico de cubos para encastrar.	30
2.2.4.	Presentación de los prototipos y selección de más idóneo.	32
2.3.	Selección de modelo e implementación de la impresora 3d y selección de plástico a utilizar.....	32
2.3.1.	Selección de impresora.	32
2.3.1.1.	Lulzbot TAZ6.....	32
2.3.1.2.	Kossel.....	34
2.3.1.3.	Prusa i3	36
2.3.1.4.	Impresora seleccionada.	38
2.3.2.	Selección del plástico a utilizar.....	38
2.3.3.	Selección del programa laminador.....	39
2.3.4.	Implementación de la impresora Prusa i3.	39
2.3.4.1.	Configuración del firmware.....	42
2.3.4.2.	Primera impresión de prueba.	47
2.4.	Construcción del Kit didáctico de prácticas electrónica.....	49

2.4.1.	Impresión de la base y cubos del kit didáctico.....	49
2.4.2.	Montaje de los cubos del kit didáctico.....	58
2.5.	Evaluación de funcionalidad del kit didáctico.	61
Capítulo 3:	Conclusiones y recomendaciones	65
3.1.	Recomendaciones	66
Bibliografía	67
Anexos	A
Anexo A:	Entrevista a los docentes del dpto. de Electrónica del INTECNA.	B
Anexo B:	Lista de guías de laboratorio de la asignatura practicas electrónicas.	D
Anexo C:	Fotos del proceso de montaje de la impresora Prusa i3.....	F
Anexo D:	Rubricas de desempeño.	J
Anexo E:	Acta de conformidad y entrega.....	L
Anexo F:	Manual de usuario.....	O

Lista de figuras.

Figura 1. Conexiones de los componentes electrónicos de una impresora.	6
Figura 2. Final caliente E3D V6.	9
Figura 3. Extrusor engranado para final caliente E3D.	10
Figura 4. Pequeño segmento de código G.	13
Figura 5. Repetier-Host vista preliminar de archivo tipo STL.	14
Figura 6. Pellets de ABS.	15
Figura 7. Ácido poliláctico pellets.	16
Figura 8. Diagrama de LulzBot TAZ 6.	17
Figura 9. Impresora 3d Kossel.	20
Figura 10. Impresora Prusa i3.	22
Figura 11. Ventana principal Cura.	24
Figura 12. Ventana principal del Craftware,	25
Figura 13. Componentes de kit en desuso.	26
Figura 14. Prototipo de un cubo con conectores laterales.	28
Figura 15. Prototipo de prácticas electrónicas.	29
Figura 16. Prototipo de cubo de un 555.	30
Figura 17. Prototipo de base para encastrar los cubos.	31
Figura 18. Impresora 3d MK2 del laboratorio de Automatización FEC.	40
Figura 19. Componentes plásticos ya impresos.	41
Figura 20. Impresora Prusa I3 ya montada.	42
Figura 21. Configuración inicial Marlin.	43
Figura 22. Configuración Marlin PID del final caliente.	44
Figura 23. Configuración Marlin PID de la cama caliente.	45
Figura 24. Calculadora prusa.	46
Figura 25. Configuración Marlin motores paso.	47
Figura 26. Pieza de prueba de impresión.	48
Figura 27. Reimpresión de pieza de prueba.	48
Figura 28. Configuraciones de la base en Cura.	52
Figura 29. Base para encastrar dañada.	53
Figura 30. Código g de base de tréboles.	54
Figura 31. Base del kit didáctico.	54
Figura 32. Código g del cubo del Timer 555.	55
Figura 33. Cubo de Timer 555 con paredes frágiles.	56
Figura 34. Código g de 555 modificado.	57
Figura 35. Cubo de Timer 555 mejorado.	57
Figura 36. Todos los cubos del kit didáctico impresos.	58
Figura 37. Circuito impreso del OPAM 741.	59
Figura 38. Etiquetas con diagrama esquemático de los cubos.	60
Figura 39. Cubos del kit didáctico ya ensamblados.	61
Figura 40. Circuito de OPAM Sumador.	62

Figura 41. Montaje del kit didáctico con el Profesor Barboza.	64
--	----

Lista de tablas

Tabla 1. Especificaciones Lulzbot TAZ 6.	17
Tabla 2. Especificaciones de la impresora Kossel.	21
Tabla 3. Especificaciones de la Prusa i3.	23
Tabla 4. Presupuesto de Lulzbot TAZ6	34
Tabla 5. Presupuesto Kossel.	35
Tabla 6. Presupuesto Prusa i3	37
Tabla 7. Comparación de materiales	38
Tabla 8. Lista de componentes y materiales de la impresora Prusa I3.	40
Tabla 9. Lista de complementos plásticos.	41
Tabla 10. Lista de cubos	52
Tabla 11. Lista de componentes y materiales	59
Tabla 12. Rubricas	63

I. Introducción

En la formación técnica es de mucha importancia la consolidación del conocimiento teórico a través de prácticas de laboratorio y/o campo por lo cual el Instituto tecnológico nacional (INTECNA) requiere de una infraestructura de laboratorios que le permita a sus estudiantes poner en práctica los conocimientos adquiridos en el aula de clases.

Actualmente el departamento de electrónica industrial cuenta con 2 laboratorios equipados para realizar prácticas de las asignaturas impartidas en dicha institución, pero estos carecen de algunos medios y herramientas necesarias para que las estas se realicen de forma eficiente.

El objetivo de este trabajo es proporcionar al laboratorio de electrónica analógica de dicho departamento con un kit didáctico, construido con una impresora 3d, para realizar las prácticas de laboratorio de la asignatura prácticas electrónicas, el cual, será de mucha utilidad para departamento de electrónica industrial del INTECNA.

Para elaborar este proyecto primero se realizará una etapa de análisis para obtener los requerimientos del kit didáctico a construir realizando consultas a los docentes del departamento de electrónica industrial de INTECNA, luego se diseñaran prototipos que cumplan con dichos requerimientos y se presentarán ante los docentes para que estos seleccionen el más idóneo; finalizada esta etapa se procederá a implementar una impresora 3d para posteriormente construir el kit didáctico y por último el kit didáctico será evaluado para cerciorarse que este cumpla con los requerimientos establecidos.

II. Justificación

El instituto tecnológico nacional (INTECNA) carece de un kit didáctico funcional que se adapte a las necesidades de las prácticas de laboratorios realizadas en la asignatura prácticas electrónicas por los estudiantes del departamento de electrónica.

Con este trabajo monográfico dotaremos el laboratorio de electrónica analógica del INTECNA con un kit funcional, brindando una herramienta al docente para que desarrolle las prácticas de laboratorio; para esto nos apoyaremos en el uso de la impresión 3d, que en los últimos años ha tenido un desarrollo considerable, la cual nos permitirá construir componentes plásticos de gran calidad y a un bajo costo.

Este proyecto nos permitirá a nosotros, estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería electrónica, poner en práctica los conocimientos y habilidades adquiridos en el transcurso de nuestra formación, por ejemplo, la implementación de sistemas electrónicos y pondrá a prueba nuestra capacidad al momento de dar una respuesta eficiente a una problemática dada.

III. Objetivo general

Implementar una impresora 3d para la construcción de un kit didáctico para la asignatura de prácticas de electrónica que cursan los estudiantes del departamento de electrónica del instituto tecnológico nacional (INTECNA).

Objetivos específicos

- Definir los criterios de desempeño con los que debe contar un kit didáctico de prácticas electrónicas mediante la realización de entrevistas a los docentes del departamento de electrónica del INTECNA.
- Diseñar prototipos de kit didácticos de prácticas electrónicas utilizando software de simulación y programa de modelaje en 3d y presentarlos ante los docentes del departamento de electrónica del INTECNA para que seleccionen el que consideren más idóneo para solventar sus necesidades y a la vez obtener retroalimentación para mejorar el diseño del mismo.
- Implementar una impresora 3d de bajo costo que se ajuste a los requerimientos del proyecto.
- Fabricar el kit de prácticas electrónicas seleccionado por los docentes del departamento de electrónica del INTECNA.
- Desarrollar experimentos que permitan evaluar la funcionalidad del kit didáctico construido mediante rúbricas.

Capítulo 1: Marco teórico

1.1. Impresión 3d

La impresión en 3D es una tecnología que hace posible la construcción de un objeto desde un entorno virtual en 3 dimensiones mediante la realización de cortes en capas del objeto virtual imprimiendo el objeto real capa por capa, de forma tal que cada capa es impresa una sobre otra hasta terminar el objeto deseado. (Create it Real, 2016)

1.1.1. Impresora 3D

Una impresora 3D es una máquina capaz de realizar réplicas de diseños en 3D, creando piezas, tales como maquetas volumétricas a partir de un diseño hecho a través de un programa de modelado en 3 dimensiones o mediante la obtención de datos del mundo real por medio de un escáner 3D. (López, 2016)

1.1.2. Tecnologías de impresión en 3D

Existen distintas tecnologías de impresión 3D, entre las más utilizadas están:

1.1.2.1. Sintetizad por láser selectivo

La tecnología SLS (por sus siglas en inglés) es similar a la SLA, pero la principal diferencia está en que este tipo de impresora 3D utiliza material en polvo en el área de impresión en lugar de resina líquida. Se usa un láser para sinterizar selectivamente una capa de gránulos que une el material para crear una estructura sólida. Cuando el objeto está completamente formado, se deja enfriar en la máquina antes de retirarlo.

El SLS es ampliamente utilizado para el desarrollo de productos y la creación rápida de prototipos orientados a industrias comerciales. Asimismo, es útil para la fabricación de productos finales de uso limitado, como piezas usadas en el sector industrial (por ejemplo, piezas de maquinarias). Los materiales utilizados en el SLS pueden variar desde nailon, vidrio y cerámica hasta aluminio, plata e incluso acero.

Sin embargo, este tipo de impresora 3D requiere del uso de costosos láseres de alta potencia, lo que la sitúa un poco fuera del alcance del consumidor promedio. Pero siempre está la opción de recurrir a los servicios profesionales de impresión 3D como Shapeways, Sculpteo e i.Materialise que resultan más económicos.

La tecnología SLA crea objetos con superficies lisas y mucho detalle. Es cada vez más popular en sectores como la joyería y la odontología cosmética para la creación de moldes maleables.

La producción de interfaz líquida continua (CLIP) podría ser la próxima gran novedad en el tipo de impresión 3D SLA. Para esta tecnología de impresión 3D también se necesita resina y un rayo ultravioleta. La principal diferencia radica en una membrana permeable al oxígeno que se encuentra debajo de la resina, lo que agiliza mucho el proceso. Los creadores de esta innovadora tecnología afirman que pueden imprimir objetos 3D hasta 100 veces más rápido. Las primeras impresoras 3D con tecnología CLIP ya están en fase de prueba. (Locker, 2017)

1.1.2.2. Estereolitografía

La estereolitografía, que fue inventada por Chuck Hull en 1983, se caracteriza por ser la tecnología de impresión 3D más antigua.

Esta tecnología funciona mediante la exposición de una capa de resina líquida fotosensible a un rayo láser UV para que se endurezca y se solidifique. Una vez que el láser recorre una capa de resina en el patrón deseado, este comienza a endurecerse. Acto seguido, la plataforma de impresión del modelo, situada en el tanque líquido de la impresora, baja una capa y el láser comienza a formar la siguiente capa. Cada capa se construye sobre la anterior.

Los objetos con partes sobresalientes impresos con estos tipos de impresoras 3D, necesitarán estructuras de soporte. Una vez completada la impresión, el objeto debe enjuagarse con un disolvente. En ocasiones también se hornea en un horno UV para finalizar el procesamiento. (Locker, 2017)

1.1.2.3. Modelado por deposición fundida

La tecnología FDM (por sus siglas en inglés) es el método de impresión 3D más común en impresoras 3D. El filamento termoplástico se calienta y se extruye en coordenadas de X e Y a través del cabezal de extrusión, mientras que la superficie de impresión va bajando el objeto capa por capa en la dirección Z.

De este modo el objeto se imprime de abajo hacia arriba. Si se diera el caso de que un modelo tuviera partes que sobresalen, necesitará estructuras de soporte que se puedan quitar una vez que la impresión haya finalizado.

Este tipo de impresora 3D es una manera rentable de desarrollar un producto y de crear de forma rápida prototipos en los sectores de pequeñas empresas y la educación, ya que es capaz de fabricar piezas robustas de manera eficiente y rápida. (Locker, 2017)

1.1.3. Hardware de impresora 3d.

La estructura de una impresora 3D está representada en la siguiente imagen:

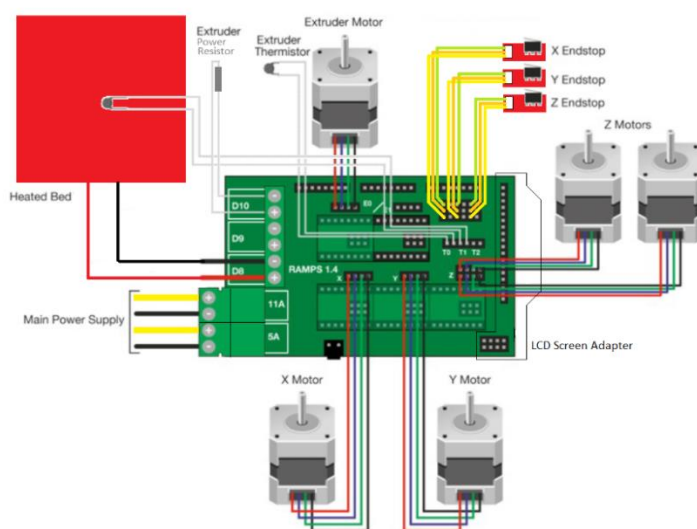


Figura 1. Conexiones de los componentes electrónicos de una impresora.
(RepRap, 2017)

1.1.3.1. Motor paso a paso:

Es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de impulsos eléctricos en desplazamientos angulares discretos, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control. El motor paso a paso se comporta de la misma manera que un conversor digital-analógico (D/A) y puede ser gobernado por impulsos procedentes de sistemas digitales.

Este motor presenta las ventajas de tener precisión y repetitividad en cuanto al posicionamiento. Entre sus principales aplicaciones destacan los robots, drones, radiocontrol, impresoras digitales, automatización, fotocomponedoras, prensa, etc. (Mark McComb, 2007)

1.1.3.2. Driver motor:

Es un amplificador de baja corriente cuya función es la de tomar la señal de control de baja corriente y convertirla en una señal de control con una corriente más grande con el fin de controlar un motor.

1.1.3.2.1. Tipos de controladores de motor.

Existen distintos tipos de controladores de motor, entre los controladores más comunes están los que requieren de una alimentación comprendida entre los 36 y 52 voltios, cuya arquitectura les permite tener entre 1, 2 y 4 salidas.

Entre los tipos de controladores de motor más utilizados están: controlador de motor paso bipolar, controlador de moto de puente H, controlador de servo motor, controlador de motor DC, controlador de motor sin escobillas.

1.1.3.2.2. Aplicaciones de controladores de motor:

Los controladores de motor se pueden encontrar en una amplia gama de aplicaciones, incluyendo:

- Conmutación de relé y solenoide.
- Motor paso a paso.
- Pantallas LED y incandescentes.
- Aplicaciones automotrices.
- Equipo audiovisual.
- Periféricos para PC.
- Sistemas de navegación para automóviles.

(Future Electronics, 2017)

1.1.3.3. RAMPS

EL RAMPS es un shield para arduino mega 2650 que cuya función es realizar la conexiones necesarias para el montaje de los drivers de los motores pasos, los pines de conexión de los termistores así como la recamara caliente del extrusor y la cama caliente. (RepRap, 2017)

1.1.3.4. HeatBed

Es una resistencia calentadora con un diseño plano encargada de suministrar calor a la base de impresión con la finalidad de asegurar la adhesión del objeto a imprimir y se esa forma evitar un error de impresión conocido como warping.

1.1.3.4.1. Warping.

Es un problema común en el proceso de impresión en 3D por deposición de plástico, en el cual ocurre el desprendimiento de la primera capa, haciendo que el objeto que está siendo impreso se deforme irremediablemente.

1.1.3.5. HotEnd.

Es un dispositivo cuya función es calentar el plástico extruido a una temperatura de entre 190°C hasta 285°C. Está compuesto por una boquilla, generalmente fabricada de broce, cuyo diámetro de salida puede variar entre 0.2 mm y 1 mm, siendo la más común la de 0.4 mm. Una recamara caliente en la que se integran una resistencia de potencia que se encarga de calentar y un termistor tipo NTC para medir la temperatura; dicho termistor puede ser sustituido por una termocupla PT100 para aumentar el rango de temperatura hasta unos 400°C. El heatkiller que

se encarga de unir la recámara caliente y el disipador de calor, y finalmente se encuentra el disipador de calor que se encarga de evitar que el calor alcance el extrusor, que generalmente es de plástico, integrado con un ventilador para aumentar su efectividad.

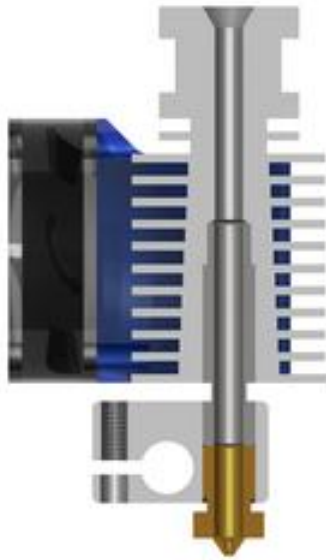


Figura 2. Final caliente E3D V6. (*cdn.shopify, 2018*)

1.1.3.5.1. Tipos de HotEnd:

En el mercado existen distintos tipos de HotEnd en función a las características del material a ser impreso, así como el tipo de impresora a emplear, entre los principales y más utilizados están:

1.1.3.5.1.1. Titan Aero:

Manufacturado por la empresa E3D, especialmente diseñado para impresiones de alta calidad, generalmente se encuentra integrado con un extrusor, compacto y puede alcanzar temperaturas de hasta 285°C. (*e3d-online, 2018*)

1.1.3.5.1.2. Super volcano:

Es un final caliente con una gran capacidad de fundición debido al tamaño de la recámara caliente, fabricado por la empresa E3D, puede alcanzar temperaturas de impresión de hasta 285°C, es especial para impresiones de gran volumen puesto que el valor máximo de extrusión es de 6,600 milímetros cúbicos. Adaptable a una gran variedad de extrusores, consta con dos resistencias para calentar y siempre

es recomendado utilizar un circuito de acople de potencia para evitar el daño de la tarjeta controladora. (e3d-online, 2018)

1.1.3.5.1.3. E3D V6:

Manufacturado por la empresa E3D, es un final caliente estándar, el cual puede alcanzar temperaturas de hasta 400°C utilizando una termocupla PT100, es adaptable a una gran gama de extrusores y permite utilizar una gran variedad de filamentos. Permite una gran calidad de impresión con un buen desempeño, el rango de boquillas que permite utilizar es de entre 0.15 hasta 1 milímetro. (e3d-online, 2018)

1.1.3.6. Extrusor

Es un dispositivo que se encarga de conducir el plástico hacia el final caliente aplicando una gran presión para lograrlo. Está compuesto por un motor paso y este a la vez puede ser engranado o no engranado, además de estar integrado directamente al final caliente o no (bowden).

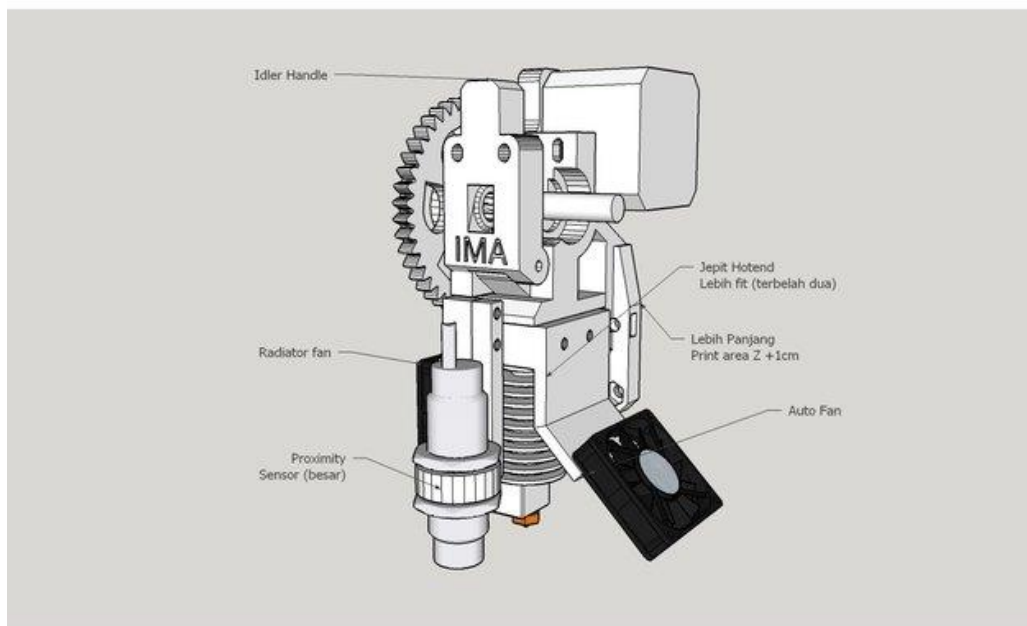


Figura 3. Extrusor engranado para final caliente E3D. (thingiverse, 2018)

1.1.3.6.1. Extrusor Bowden

Es un extrusor que no está directamente integrado al final caliente, cuya finalidad es reducir peso y volumen en el eje X y de esa forma reducir la inercia, lo que

aumenta la calidad de impresión y evita ciertos problemas comunes de impresión como el **Ghosting**. El filamento plástico es dirigido a través de un conducto de teflón hasta el final caliente en este tipo de extrusor.

1.1.3.6.2. Ghosting.

Es un problema de impresión causado por las altas velocidades de impresión y una configuración inadecuada de la aceleración en el firmware de la impresora, que consiste en la formación de secciones paralelas transversales al eje X o Y que coincide con el último cambio de dirección.

1.1.3.7. ATmega 2560:

El ATmega2560 es un microcontrolador de 16Mhz tipo C-mos de 8-bit y baja potencia, cuya alimentación puede estar comprendida entre 4.5 a 5.5 voltios, basado en una arquitectura mejorada del RISC de AVR capaz de realizar un millón de instrucciones por segundo por cada Mega Hertz, lo que hace un balance entre consumo de potencia y velocidad de procesamiento. Está compuesto por una memoria flash ISP de 256KB, SRAM de 8KB, 4KB de EPROM, 86 líneas de entrada/salida de propósito general, 32 registros de propósito general, contador de tiempo real, seis temporizadores/contadores flexibles con modos de comparación, PWM, 4 USARTs, byte orientados a la comunicación serial de dos líneas, 16 canales de conversor analógico/digital de 10 bits y una interfaz JTAG. (Microchip, 2017)

1.1.4. 1.2 Software de impresora 3d.

Una impresora 3d requiere de un firmware para su funcionamiento, es decir, un programa que controle y coordine los motores, calentadores y sensores de la maquina tal como el Marlin firmware.

1.1.4.1. 1.2.1 Marlin Firmware

Marlin es un firmware para la familia RepRap de replicadores de prototipos rápidos, también llamados "impresoras 3D". Específicamente, Marlin se ejecuta en aquellas impresoras que extruyen el filamento de plástico usando una boquilla calentada en un proceso llamado Fused Deposition Modeling (FDM) (FFF). Marlin es el software en el corazón de la máquina que controla y coordina los motores, calentadores, sensores, etc. en obediencia a sus comandos.

Derivado de Sprinter y grbl, Marlin se convirtió en un proyecto de código abierto independiente el 12 de agosto de 2011 con su lanzamiento Github. Marlin está autorizado bajo la GPLv3 y es gratuito para uso personal o comercial. Se estipula que cualquier proveedor que incluya a Marlin en su impresora debe hacer disponible su código fuente.

Desde el principio Marlin ha sido construido por y para los entusiastas de RepRap para ser un controlador de impresora sencillo, fiable y adaptable que "sólo funciona". Como prueba de su robustez, Marlin 1.0.2 ha sido adoptado por muchos fabricantes respetados de 3D comercial Impresoras Ultimaker, Printbot, AlephObjects (Lulzbot), Prusa Research, y muchos otros envían sus impresoras con una variante de Marlin instalado.

Marlin funciona con modestos microcontroladores Atmel AVR de 8 bits. Estos son los chips en el centro de la popular fuente abierta Arduino / Genuino plataforma. De hecho, la plataforma de referencia para Marlin es un Arduino Mega2560 con RAMPS 1.4.

Como un producto de la comunidad, Marlin tiene como objetivo ser adaptable a tantas tablas existentes y configuraciones como sea posible. Queremos que sea configurable, personalizable, extensible y económico para aficionados y proveedores por igual. Un Marlin construir puede ser muy pequeño, para su uso en una impresora sin cabeza con hardware sólo modesta. A medida que se actualiza el hardware, se pueden habilitar funciones adicionales para adaptar Marlin a los nuevos componentes. (Marlin, 2017)

1.1.4.2. G-Code

También conocido como RS-274, es un lenguaje de programación utilizado en control numérico, el cual forma parte de la ingeniería asistida por computadora y es encargado de interpretar las instrucciones que debe realizar una máquina controlada por computadora. Las máquinas típicas que son controladas con G-code son fresadoras, cortadoras, tornos e impresoras 3D. (worlcat, 2017)

```

G1 X67.388 Y102.747 E1.5678 F600
G1 X67.247 Y102.943 E1.5718 F1324
G1 X66.724 Y103.464 E1.5840 F1328
G1 X66.528 Y103.608 E1.5881 F600
G1 X66.795 Y104.054 E1.5967 F1560
G1 X67.303 Y104.901 E1.6130
G1 X67.571 Y105.347 E1.6217 F600
G1 X67.106 Y105.581 E1.6303 F1560
G1 X66.267 Y106.004 E1.6458 F1800
G1 X65.374 Y106.298 E1.6614 F1560
G1 X64.880 Y106.461 E1.6700 F600
G1 X64.754 Y105.957 E1.6786 F1560
G1 X64.515 Y105.001 E1.6949
G1 X64.389 Y104.497 E1.7035 F600
G1 X64.198 Y104.529 E1.7068 F1215
G1 X63.851 Y104.539 E1.7125 F1800
G1 X63.410 Y104.529 E1.7198 F1322
G1 X63.171 Y104.493 E1.7238 F600
G1 X63.045 Y104.997 E1.7324 F1560
G1 X62.805 Y105.957 E1.7488
G1 X62.679 Y106.461 E1.7574 F600
G1 X62.185 Y106.298 E1.7660 F1560

```

Figura 4. Pequeño segmento de código G. (Autor)

1.1.4.2.1. Ingeniería asistida por computadora:

Es la disciplina que se encarga del conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador, o creados de otro modo e introducidos en el ordenador, para valorar sus características, propiedades, viabilidad, y rentabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y consecuentes costos de fabricación, y reducir al máximo las pruebas para la obtención del producto deseado. (Raphael & Smith, 2003)

1.1.4.3. 1.2.3 Repetier-Host.

Es un software que permite la interacción entre el usuario y la impresora 3D a utilizar, el cual consta de los comandos necesarios para el control de la misma, así como la facilidad de introducir código-g directamente para opciones especializadas. Además consta de la integración de programas de laminación tales como Slic3r, Slic3r Prusa Edition o CuraEngine, los cuales facilitan el trabajo de impresión cuando es necesario hacer uso de los mismos al momento de procesar objetos 3D en formato STL, OBJ, X3D o 3MF.

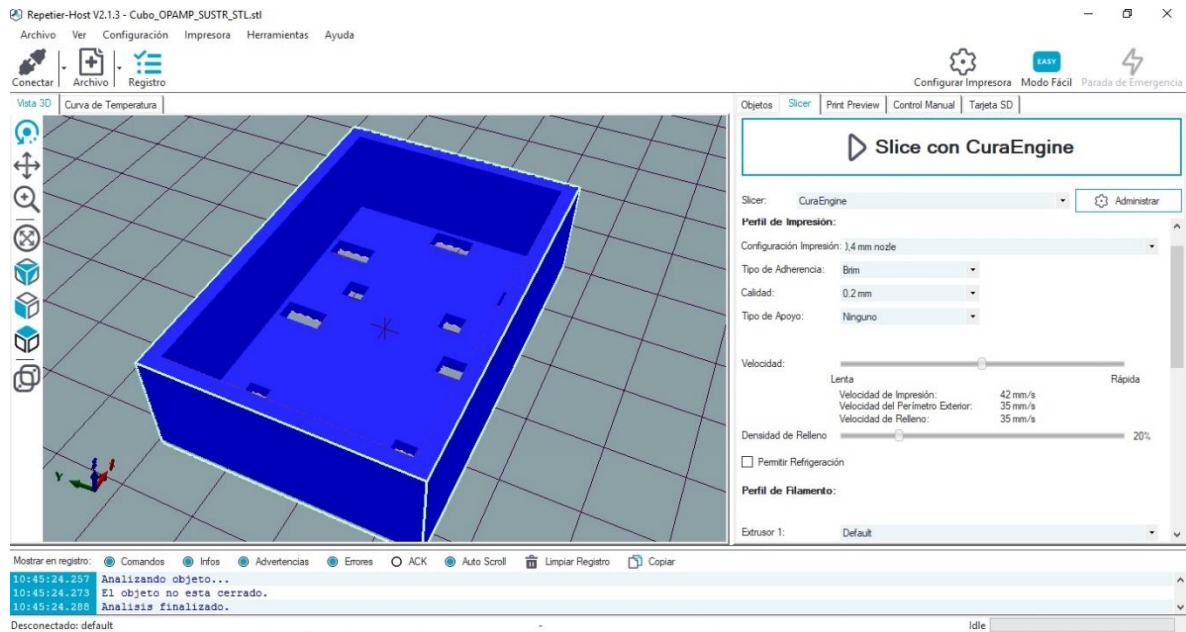


Figura 5. Repetier-Host vista preliminar de archivo tipo STL. (Autor)

1.1.5. Modelado geométrico 3d.

Se puede definir el proceso de modelado geométrico tridimensional como el encargado de crear modelos consistentes que puedan ser manejados algorítmicamente en un computador. (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México, 2017)

Para modelar es necesario asistirse de programas especializados tales como Sketchup, el cual es un programa de modelaje en 3d fácil de utilizar desarrollado por Last Software.

1.2. Materiales de impresión considerados.

Entre los materiales a considerar tenemos el acrilonitrilo butadieno estireno (ABS) y el ácido poliláctico (PLA).

1.2.1. Acrilonitrilo butadieno Estireno (ABS):

Es un termoplástico duro, resistente al calor y a los impactos. Es un copolímero obtenido de la polimerización del estireno y acrilonitrilo en la presencia del polibutadieno, resultado de la combinación de los tres monómeros, originando un plástico que se presenta en una gran variedad de grados dependiendo de las proporciones utilizadas de cada uno.

Básicamente, el estireno contribuye a la facilidad de las características del proceso, el acrilonitrilo imparte la resistencia química e incrementa la dureza

superficial y el butadieno contribuye a la fuerza de impacto y dureza total. Las porciones pueden variar del 15-35% de acrilonitrilo, 5-30% de butadieno y 40-60% de estireno.

El resultado es una larga cadena de polibutadieno entrecruzada con cadenas más cortas de poli (estireno-co-acrilonitrilo). Los grupos nitrilo de las cadenas vecinas, siendo polares, atacan cada una de las bandas de las cadenas juntas haciendo el ABS más fuerte que el poliestireno puro.

El ABS se originó por la necesidad de mejorar algunas propiedades del poliestireno de alto impacto. (QuimiNet, 2017)



Figura 6. Pellets de ABS. (*jldpvc, 2018*)

1.2.2. Ácido Poliláctico (PLA):

El ácido poliláctico o PLA, es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables al 100%, como son el maíz, la remolacha, el trigo y otros productos ricos en almidón. Este ácido tiene muchas características equivalentes e incluso mejores que muchos plásticos derivados del petróleo, lo que hace que sea eficaz para una gran variedad de usos. (EIS, 2017)



Figura 7. Ácido poliláctico pellets. (*tecnopackaging*, 2017)

1.3. Modelos de impresora 3d tomados en consideración.

1.3.1. LulzBot TAZ 6.

La LulzBot Taz 6, es una impresora 3D de modelado por deposición fundida que funciona con código abierto y permite al usuario un fácil manejo, con capacidad de auto nivelado de base con respecto al eje Z, un sistema configurable de auto limpieza y flexible para la adaptación de distintos tipos de filamentos de 2.85 mm de diámetro para la impresión 3D. Funciona bajo el Firmware Marlin, con una tarjeta de control RAMBo, en la que se integran los drivers para los motores paso a paso, así como un controlador Atmega 2560, entre otros dispositivos. Es capaz de imprimir hasta un volumen máximo de 19,600 centímetros cúbicos, 280 mm para el eje X, 280 mm para el eje Y y 250 para el eje Z, con una velocidad máxima de 200 mm/sec, una resolución de capa de 0.04 mm y una precisión de ± 0.2 mm. (lulzbot, 2017)

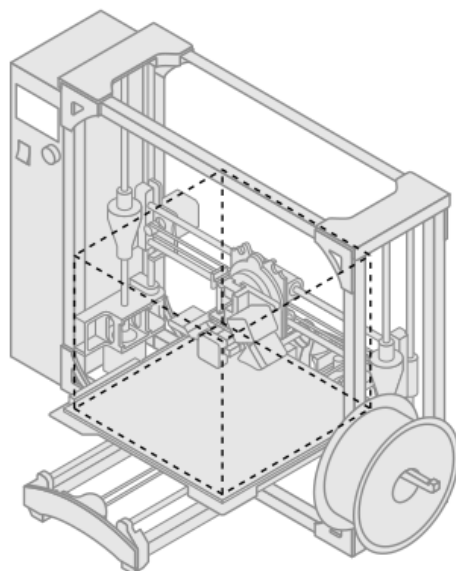


Figura 8. Diagrama de LulzBot TAZ 6. (lulzbot, 2017)

En la tabla 1 se muestran las especificaciones de la Lulzbot TAZ 6.

Tecnología de impresión:	Modelado por deposición fundida.
Volumen de impresión:	19600 cm ³
Máxima velocidad (sin imprimir):	200 mm/s
Diámetro del filamento:	2.85 mm
Temperatura máxima de boquilla:	290° C
Temperatura máxima de base:	120° C
Sistemas operativos compatibles:	Mac, GNU/Linux, Windows.
Firmware:	Marlin.
Consumo eléctrico medio:	350 watts.

Tabla 1. Especificaciones Lulzbot TAZ 6.

La impresora 3D Lulzbot Taz 6 permite la adaptación de cuatro tipos distintos de extrusores en dependencia de las necesidades de impresión que requiera el usuario. Se tomó en consideración a las necesidades requeridas los siguientes dos tipos de extrusores:

1.3.1.1. Lulzbot Taz Aeroextruder:

Permite imprimir tanto con filamentos sólidos, como con filamentos del tipo flexible los cuales posean un diámetro de 2.85 mm. Se compone por un final caliente Titan Aero E3D lo que hace posible realizar impresiones de alta calidad, además de reducir el espacio utilizado en el eje Z con respecto a extrusores que utilizan el final caliente E3D V6, cuya diferencia es de 25 mm. El final caliente posee un voltaje de alimentación de 24 voltios, con una temperatura máxima de trabajo de hasta 300° C y está integrado por un abanico axial de 5 voltios y un abanico centrífugo de 24 voltios de alimentación que funciona como enfriador de capas, lo cual es una función de vital importancia al imprimir con ciertos materiales como el PLA. Utiliza una boquilla E3D de 0.5 mm de diámetro para una impresión moderadamente rápida con una calidad moderada en los detalles pequeños del objeto a imprimir. Tiene un precio de US\$ 250 dólares en el mercado, sin incluir gastos de envío. (lulzbot, 2018)

1.3.1.2. Lulzbot Taz MOARstruder:

Es un extrusor de gran tamaño que permite imprimir a altas velocidades. Está diseñado para filamentos de 3 mm de diámetro, compuesto por un final caliente que guarda gran similitud con el E3D SuperVolcano fabricado especialmente por la compañía para este tipo de extrusor, posee dos abanicos de 12 voltios que funcionan como enfriador de capa para los tipos de materiales en los que se requiera dicha función y un abanico de 12v para el disipador de calor. Este tipo de extrusor es capaz de alcanzar velocidades de hasta 6,600 mm³/min debido el tamaño de la recámara caliente, lo que permite la fácil transferencia de calor hacia el plástico a ser impreso, el diámetro de la boquilla de 1.2 mm juega también un papel importante en el proceso de impresión, lo que permite imprimir objetos de gran tamaño, sin embargo se pierde considerablemente los detalles

pequeños del objeto. La resistencia calefactora del final caliente se alimenta con 24 voltios y es capaz de alcanzar hasta 300° C. Los tipos de materiales recomendados para la impresión de objetos de gran tamaño con este tipo de extrusor son PLA, y cualquier tipo de plástico fabricado en base a poliéster, los tipos de plásticos no recomendados a causa de ser susceptibles el warping y al shrinking cuando son utilizados en la impresión de objetos de gran tamaño son: ABS, HIPS, Policarbonato, entre otros materiales compuestos por cualquiera de estos tres materiales. El precio de este extrusor en el mercado es de US\$ 395 dólares. (e3d-online, 2018)

1.3.2. Kossel

Es una impresora 3D tipo delta que utiliza el modelado por deposición fundida para la fabricación de las componentes, construida por Johann Rocholl en 2012 con base en su prototipo anterior Rostock, para la contribución del movimiento RepRap, con una licencia tipo GPL. Posee un sistema de auto nivelado de base con un sensor resistivo de fuerza, el cual puede ser agregado tanto en la base como en el efector. Por su arquitectura, solo es posible utilizar un extrusor tipo bowden y es originalmente diseñada para estar compuesta por un final caliente J-Head MK IV, sin embargo futuras adaptaciones en el diseño hicieron posible el uso del final caliente E3D V6, el cual posee ventajas significativas en el proceso de selección e intercambio de boquillas. Es una impresora de gran rapidez de impresión, alcanzando velocidades de hasta 320 mm/s, con una resolución de 100mm por paso y un volumen cilíndrico de impresión de 5,447cm³.

Funciona con el firmware de código abierto Marlin, cuyo dispositivo de control es una tarjeta arduino mega 2560 al que se le agrega un shield RAMPS 1.4, que consta con sócalos en donde pueden ser integrados los drivers para los motores pasos, además de gestionar la potencia de alimentación para la base caliente y el final caliente.

Gracias a su licencia tipo GNU, existen diversos tipos de modificaciones en su estructura, especialmente para el efector, ya que este se encarga de sostener el

final caliente, así como los ventiladores enfriadores de capa y el sensor inductivo para la nivelación de la base para camas calientes tipo MK3. Existen en el mercado versiones optimizadas de este prototipo de impresora 3D, tal como la Anycubic, cuya producción en escala reduce los costos de fabricación de esta hasta alcanzar un precio final en el mercado de hasta US\$ 225 dólares (precio no incluye gastos de envío ni trámites de aduana). (reprap, 2018)



Figura 9. Impresora 3d Kossel (reprap, 2018)

La tabla 2 muestra las especificaciones de la impresora Kossel.

Tecnología de impresión:	Modelado por deposición fundida.
Volumen de impresión:	5, 447 cm ³
Máxima velocidad (sin imprimir):	320 mm/s.
Diámetro del filamento:	1.75 mm.

Temperatura máxima de boquilla:	260° C.
Diámetro de la boquilla:	0.4 mm.
Tipo de extrusor:	Bowden sensillo.
Temperatura máxima de base:	110° C.
Materiales de impresión:	ABS, PLA, HIPS.
Dimensiones:	300 mm (triangular) x 600 mm.
Sistemas operativos compatibles:	Mac, GNU/Linux, Windows.
Software de laminación:	Cura, Slic3r, Craftware.
Firmware:	Marlin.
Conectividad:	Tarjeta SD, USB.
Alimentación:	120VAC - 12V 30A.

Tabla 2.Especificaciones de la impresora Kossel.

1.3.3. Prusa i3

Es una impresora 3D estilo cartesiana de modelado por deposición fundida, de código abierto. Es la tercera iteración del modelo básico diseñado por Josef Prusa, de la cual se derivan diversas modificaciones a su diseño con la finalidad de reducir costos, aumentar la rigidez de sus piezas impresas, aumentar la rigidez del arco, aumentar el tamaño de impresión, entre otros.

Funciona bajo el firmware de código abierto Marlin, utiliza un circuito controlador RAMO mini el cual está compuesto por un microcontrolador atmega 2560 en el que se integran los drivers de motor paso, así como las salidas de potencia para el final caliente y la base caliente, entre otros conectores. Sin embargo este sistema puede ser sustituido por un Ardiuno mega con un RAMPS 1.4 como shield.

Esta impresora se caracteriza por tener una gran versatilidad en cuanto al tipo de filamento a utilizar, además de ser compatible con varios tipos de extrusores en función a las necesidades requeridas. Consta de una base de impresión HeatBed Mk42 cuyas dimensiones permiten imprimir en un área de hasta 250 x 210 mm y una altura de impresión de hasta 200 mm, para obtener volumen de impresión total de 10,500 centímetros cúbicos. Utiliza un final caliente E3D V6, que puede

alcanzar hasta 285 °C si utiliza un termistor tipo NTC de 100K o incluso hasta 400°C si es utilizada una termocupla PT100 como sensor de temperatura. Consta de un sistema de auto nivelación de la base gracias a un sensor inductivo de proximidad. (reprap, 2018)



Figura 10. Impresora Prusa i3. (reprap, 2018)

La tabla 3 muestra las especificaciones de la impresora Prusa i3.

Tecnología de impresión:	Modelado por deposición fundida.
Volumen de impresión:	10, 500
Máxima velocidad (sin imprimir):	200 mm/s.
Diámetro del filamento:	3 mm / 1.75 mm
Temperatura máxima de boquilla:	285° C.
Diámetro de la boquilla:	0.4 mm.

Temperatura máxima de base:	110° C.
Materiales de impresión:	ABS, PLA, HIPS, Nylon, Flex PP.
Dimensiones:	42 x 42 x 38 cm.
Sistemas operativos compatibles:	Mac, GNU/Linux, Windows.
Software de laminación:	Craftware, Slic3r, Cura.
Firmware:	Marlin.
Conectividad:	Tarjeta SD, USB.
Consumo medio:	70 W (PLA) / 110W (ABS)

Tabla 3. Especificaciones de la Prusa i3.

1.4. Laminadores de objetos.

1.4.1. Cura.

Cura es un software de laminación para impresoras 3d. Toma un modelo 3d y lo divide en capas para crear un archivo conocido como G-Code, que es el lenguaje que entiende una impresora 3d. Cura es desarrollado por el fabricante de impresoras 3d Ultimaker.

Cura lamina objetos 3d. Traduce archivo 3d (en formato tales como STL, OBJ o 3MF) a un formato que la impresora pueda entender. Las impresoras 3d de modelo por deposición fundida imprimen una capa sobre otra para construir el objeto 3d. Cura 3d toma el modelo 3d y determina cómo se colocan esas capas en la cama de impresión y crea un conjunto de instrucciones para que la impresora las siga. (Chakravorty, 2018)

Cura es un programa gratuito que se obtiene al registrarse en la página del desarrollador. Es fácil de instalar y es compatible con los sistemas operativos más utilizados.

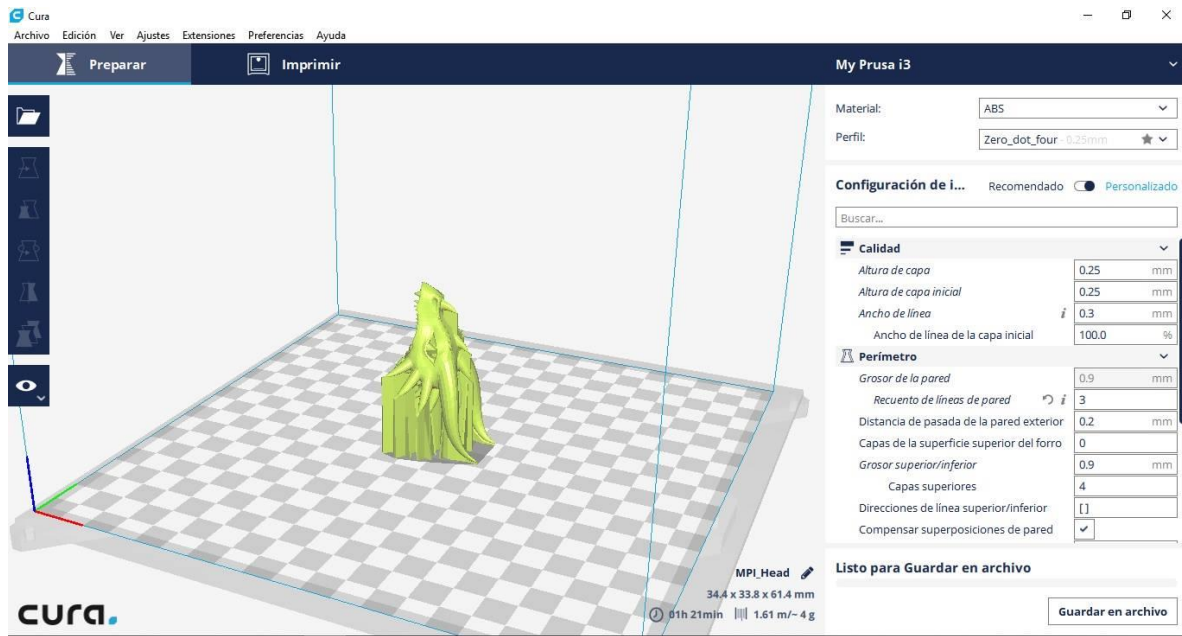


Figura 11. Ventana principal Cura. (Autor)

1.4.2. CraftWare

CraftWare es un software de laminador gratuito, rápido y fácil de usar que convierte su objeto 3D digital en un formato gcode con el que la mayoría de las impresoras 3d trabajan. Compatible con los sistemas operativos más comunes.

CraftWare funciona principalmente como laminador para objetos digitales 3d sólidos, pero también es una excelente herramienta para muchas otras tareas. Puede administrar sus impresiones de forma interactiva, lo que reduce el tiempo de construcción y encuentra los soportes de construcción óptimos. CraftWare también utiliza un visualizador de gcode; esto le permite ver cada impresión capa por capa, desde cualquier ángulo, lo que le permite detectar fácilmente cualquier lugar que desee modificar antes de imprimir.

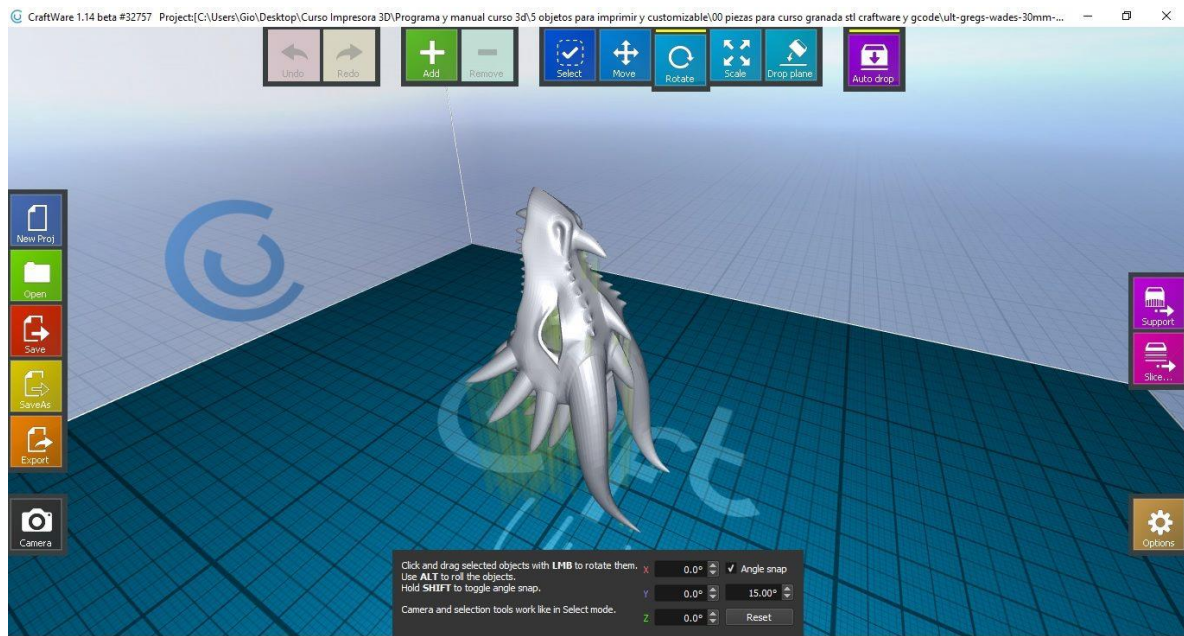


Figura 12. Ventana principal del Craftware, (Autor)

Capítulo 2: ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo se explicará la metodología usada para la implementación de una impresora 3D y la construcción de un kit didáctico de prácticas electrónicas para la asignatura “Prácticas Electrónicas” que cursan los estudiantes del Instituto Tecnológico Nacional (INTECNA). Se evaluarán los diferentes modelos de impresoras que funcionen con código abierto, así como sus ventajas y desventajas de cada uno de ellos. Los procesos llevados a cabo fueron los siguientes:

2.1. Etapa de análisis

En esta primera etapa se entrevistó a la profesora Claudia Zepeda, jefa del departamento de electrónica industrial del INTECNA y al profesor Marlon Barboza, docente de la asignatura de “Prácticas Electrónicas”¹. Ellos expusieron los inconvenientes que tenían al desarrollar las prácticas de laboratorio utilizando tablas de nodos, ya que los kits didácticos con los que ellos contaban se fueron desgastando con el tiempo y estaban en desuso.

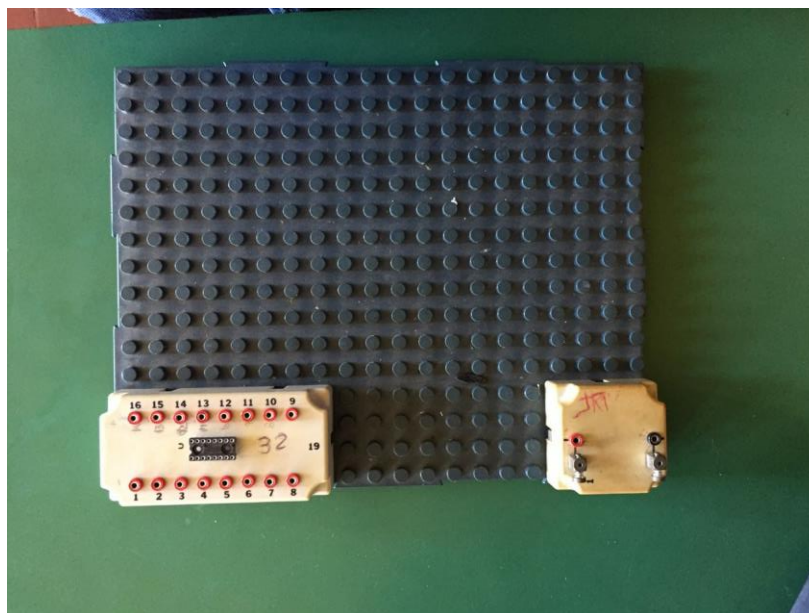


Figura 13. Componentes de kit en desuso. (Autor)

¹ Ver anexo A

Los principales inconvenientes, según ellos, eran el tiempo que se toman los estudiantes al montar los circuitos –ya que esta clase es el primer contacto que tienen los estudiantes con el montaje en físico de los circuitos-, el rápido deterioro de los componentes electrónicos por la mala manipulación de los estudiantes y por último, para el docente y los estudiantes les es difícil encontrar un error en un circuito al momento de revisarlo.

Para darle una solución a la problemática planteada, se encomendó la tarea de diseñar un kit didáctico con el que los estudiantes pudieran desarrollar sus prácticas y establecieron los siguientes parámetros con lo cual debería contar el kit didáctico:

- Fácil de usar y que ayude a realizar el montaje de los circuitos de forma más ordenada.
- Resistente y fácil de guardar.
- Facilidad al momento de reemplazar los componentes dañados y que todos los componentes se puedan adquirir en Nicaragua.
- Costo de reproducción asequible para la institución.

Además, se nos proporcionó la lista de prácticas de laboratorio de la asignatura “Prácticas Electrónicas”², para que, considerándolo, hiciéramos un listado de los componentes electrónicos necesarios para el desarrollo de las prácticas de laboratorio.

2.2. Etapa de diseño de prototipos:

En esta etapa, tomando en cuenta los parámetros obtenidos en la etapa anterior, se procedió a realizar el diseño de prototipos de kits didácticos, para ello se utilizó el programa de diseño y modelado en 3d Sketchup.

A continuación se muestran cada uno de los prototipos diseñados, pesados en facilitar las prácticas de laboratorio de los estudiantes del INTECNA:

²Ver anexo B

2.2.1. Kit Didáctico de cubos de encaje con conectores laterales.

Consta de cubos de tipo encastrable con componentes integrados en los mismo, posee conectores que le permite hacer conexiones de con otros cubo de su tipo mediante pines que sobresalen de forma intercalada sin la necesidad de utilizar cables, también es posible colocar en ellos componentes de dos pines, tales como diodos y resistencia.

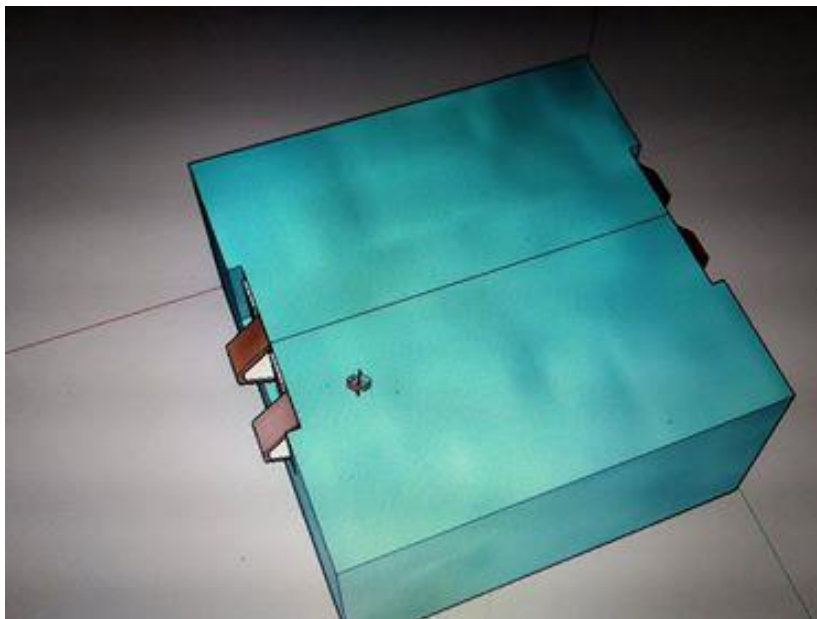


Figura 14. Prototipo de un cubo con conectores laterales. (Autor)

Ventajas:

- Permite a los estudiantes una fácil manipulación de los componentes sin tener acceso directo a los mismos.
- Facilita el cambio de los componentes dañados.
- Ocupa poco espacio a la hora de ser almacenado.
- Bajo costo de fabricación y accesibilidad a los componentes en el mercado nacional.

Desventajas:

- Es susceptible al daño estructural debido al uso continuo de sus componentes individuales.
- Poca flexibilidad al realizar el montaje del diseño del circuito que se requiera por no contar con cables como forma de conexión.

2.2.2. Entrenador de prácticas electrónicas.

Este kit consiste en una tarjeta única, que incluye una etapa de alimentación así como diferentes etapas con circuitos electrónicos analógicos integrados basados en amplificadores operaciones, configuraciones de transistores, 555, potenciómetros, entre otros componentes.

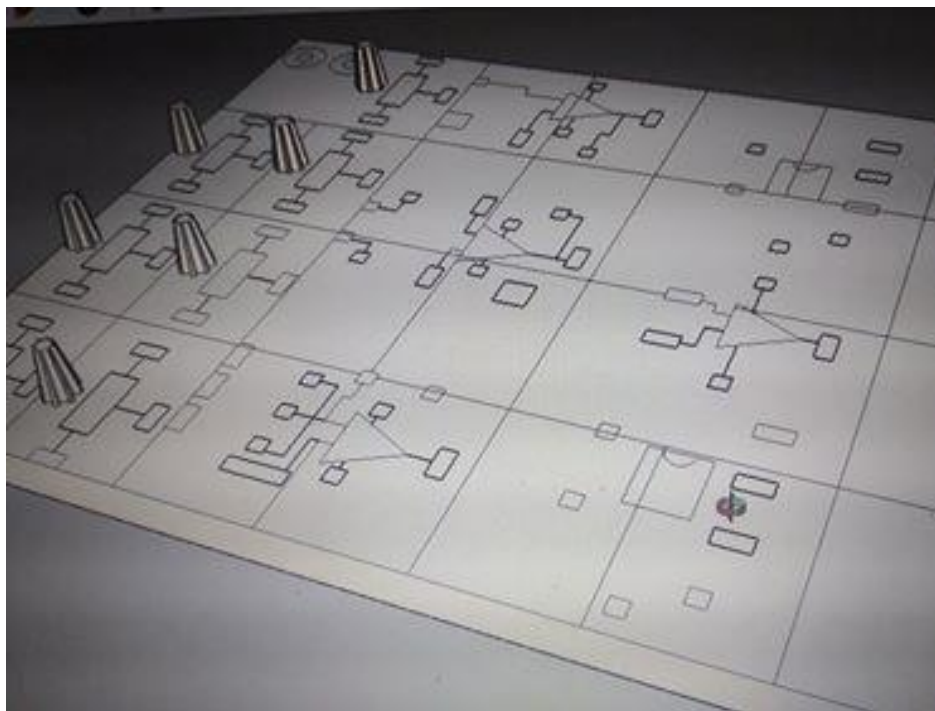


Figura 15. Prototipo de prácticas electrónicas. (Autor)

Las ventajas de este diseño son:

- Los estudiantes no manipularán los componentes más costosos, ya que solo utilizarán cables para realizar las conexiones y componentes pasivos.

- Le será más fácil a los estudiantes realizar las prácticas encomendadas ya que la tarjeta tendrá impreso los diagramas esquemáticos de los diferentes componentes y circuitos a utilizar.
- Todos los componentes de la tarjeta se pueden adquirir con facilidad en el país en el caso que necesite ser reparado.

Desventajas:

- Su tamaño, al ser una única tarjeta esta necesitaría un estante lo suficientemente grande para ser almacenado.
- Su costo, ya que para su construcción es necesario más plástico, aumentando considerablemente los costos.

2.2.3. Kit didáctico de cubos para encastrar.

Consiste en diferentes cubos para encastrar con componentes como amplificadores operaciones, configuraciones de transistores, 555, potenciómetros, diodos, LDR y otros componentes pasivos que permite al estudiante montar de forma ordenada los circuitos en sus prácticas.

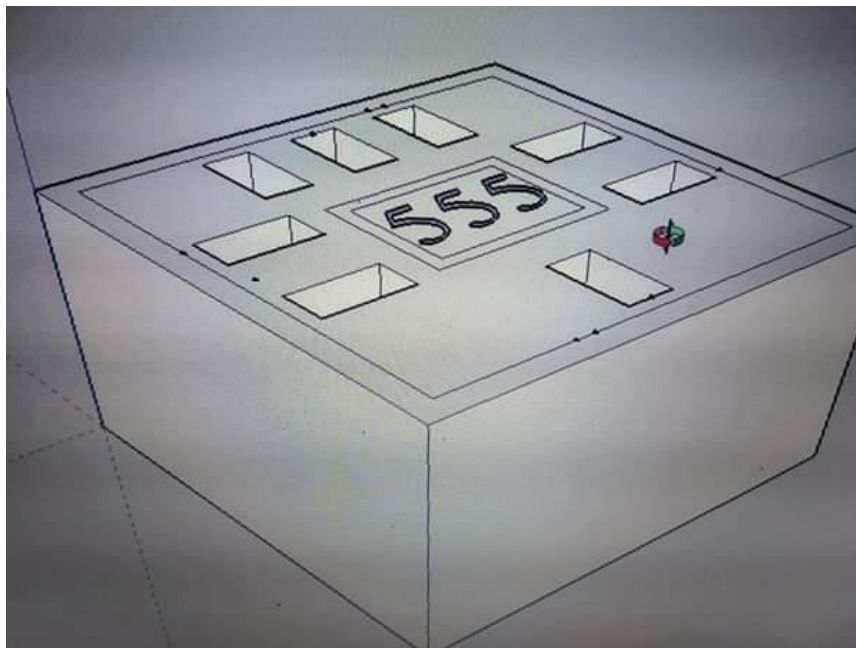


Figura 16. Prototipo de cubo de un 555. (Autor)

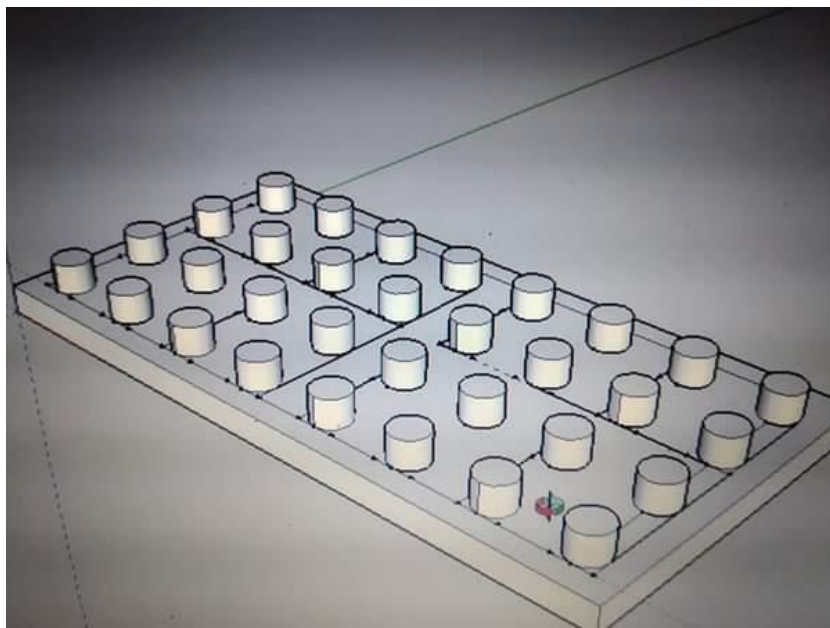


Figura 17. Prototipo de base para encastrar los cubos. (Autor)

Ventajas:

- Los estudiantes no manipularán los componentes más costosos, ya que solo utilizarán cables para realizar las conexiones entre los cubos.
- Le será más fácil a los estudiantes realizar las prácticas encomendadas ya que cada cubo tendrá impreso los diagramas esquemáticos de los diferentes componentes y circuitos que contengan.
- Fácil de guardar por su tamaño.
- Si se daña un cubo será más fácil y barato reponerlo, ya que solo sería cambiar una pieza de todo el kit.
- Todos los componentes de los cubos se pueden adquirir con facilidad en el país en el caso que necesite ser reparado.

Desventajas:

- Ya que cada cubo tiene que ser manipulado por los estudiantes estos pueden sufrir daño al caerse al suelo o si se ejerce mucha presión al momento de encastrarlos a la base.
- Por su tamaño fácilmente se pueden extraviar.

2.2.4. Presentación de los prototipos y selección de más idóneo.

Se presentó ante la Profesora Claudia Zepeda, jefa del departamento de electrónica industrial del INTECNA, y al Profesor Marlon Barboza, docente de la asignatura de prácticas electrónicas, los prototipos diseñados y se les explicó las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

Una vez expuestos cada uno de los prototipos ambos decidieron que el Kit didáctico con cubos para encastrar era el más idóneo, ya que consideraron que era el que más se apegaba a los requerimientos establecidos por ellos. Así mismo, se encomendó la fabricación de este kit.

Seleccionado el prototipo del kit a fabricar se comenzó a diseñar cada uno de los cubos que componen el kit didáctico y también la base para encastrar.

2.3. Selección de modelo e implementación de la impresora 3d y selección de plástico a utilizar.

En esta etapa se analizaron diferentes modelos de impresora de código abierto que cumpliera con los requerimientos necesarios para la construcción de un kit didáctico de prácticas electrónicas. Así como el tipo de filamento plástico a emplear en la construcción del kit didáctico.

Además, en esta etapa se seleccionó el programa de laminación con el que la impresora iba a trabajar.

2.3.1. Selección de impresora.

A continuación se muestran los modelos de impresora tomados en cuenta:

2.3.1.1. Lulzbot TAZ6

La lulzbot taz6 fue tomada en cuenta debido a su amplio tamaño de impresión, es compatible con una gran variedad de filamentos incluidos el PLA y el ABS, además de ser una impresora rápida, utiliza el firmware Marlin, el cual, puede ser modificado en función a las necesidades requeridas para la impresión del kit.

En la tabla 4 se muestran los costos de fabricación.

Cantidad	Componente	Modelo	Precio (C\$)
5	Motor paso	Nema17	1,560
1	Controlador	RAMBo RepRap	3,655
1	Control LCD Full Graphic	12864	750
3	Micro switch		370
1	Fuente de alimentación 12V 50 ^a		1,450
1	Interruptor-Fusible		170
1	Extrusor AeroExtruder	E3D V6	8,500
1	Modular HeatBed	LulzBot Taz	4,250
2	Termistor NTC	100k	140
1	Banda dentada 6m	GT2	250
1	Perfil aluminio	2020 estándar europeo	1,800
2	Poleas	GT2	280
2	Poleas motor paso	GT2	280
4	Rodamiento lineal	LM8UU	780
24	Tuerca	M5	250
25	Perno	M4 x 40mm	120
20	Tuerca	M3	150
3	Rollos de cables	20awg	600
2	Varia roscada	M3	350
4	Varia roscada	M5	250
6	Varia lisa	M8	500
1	Soporte base		170
1	Juego de tornillos		660
1	Juego de piezas	LulBot Taz 6	1,020

imprimibles	
Total	28,305

Tabla 4. Presupuesto de Lulzbot TAZ6

Ventajas:

- Amplio volumen de impresión.
- Adaptable a distintos tipos de filamento.
- Estructura firme y resistente.
- Rápida velocidad de impresión.
- Alta precisión de impresión.

Desventajas:

- Costo de fabricación elevado.
- Poca flexibilidad de modificación.
- Limitada al uso de filamento de 2.85mm/3mm de diámetro.
- Consumo eléctrico elevado.

2.3.1.2. Kossel

La impresora Kossel fue tomada en cuenta ya que es una impresora de código abierto en su totalidad, lo que significa que su estructura puede ser modificada adaptándose a los requerimientos del usuario. Cuenta con una gran velocidad de impresión y es capaz de imprimir con una gran variedad de filamentos. Además, utiliza como firmware el Marlin.

En la tabla 5 se muestran los costos de la impresora Kossel.

Cantidad	Componente	Modelo	Precio (C\$)
4	Motor paso	Nema17	1,560
1	Controlador Arduino	Arduino Mega	1,550
1	Display LCD 20x4		600
4	Driver motor paso	Pololu A4988	1,200
1	Shield Arduino	RAMPS 1.4	2,250

3	Micro switch		280
1	Fuente de alimentación 12V 30 ^a		1,100
1	Interruptor-Fusible		170
1	Final caliente	J-Head MK IV	2,210
1	HeatBed	MK3	450
2	Termistor NTC	100k	140
1	Banda dentada 10m	GT2	380
1	Perfil aluminio	1515 estándar europeo	1,200
3	Poleas	GT2	400
3	Poleas motor paso	GT2	400
3	Sensor de fuerza resistivo	FSR402	860
47	Tuerca de presión	1515 estándar europeo	350
40	Pernos	M3 x 60mm	145
20	Tuercas	M3	50
3	Rollos de cables	20awg	600
1	Juego de piezas de plástico	Delta RepRap	950
2	Ventilador alta velocidad 12 V	9733s	660
6	Varias carbono		930
12	Acoplamiento de barra	56RN06	2,850
1	Juego de tornillos		660
Total			20,865

Tabla 5. Presupuesto Kossel

Ventajas:

- Alta velocidad de impresión.
- Estructura robusta.
- Adaptable a los distintos tipos de final caliente.
- Gran precisión de impresión.
- Precio de fabricación relativamente bajo en función de sus características.

Desventajas:

- Limitada a una temperatura del final caliente de 248°C.
- Numerosa cantidad de componentes.
- Utiliza únicamente extrusores tipo Bowden.
- Uso excesivo de los motores paso.

2.3.1.3. Prusa i3

La impresora Prusa i3 se tomó en consideración debido a que es una impresora de bajo costo y de código abierto. Utiliza el Marlin firmware y puede imprimir una amplia gama de materiales.

Ventajas:

- Adaptable a distintos tipos de final caliente.
- Amplia gama de materiales de impresión
- Gran precisión de impresión.
- Bajo costo de fabricación.

Desventajas:

- Estructura relativamente frágil.
- Susceptible a la descalibración del eje z.
- Constante mantenimiento

Costo de fabricación:

Cantidad	Componente	Modelo	Precio (C\$)
5	Motor paso	Nema17	1,560
1	Controlador Arduino	Arduino Mega	1,550
1	Display LCD 20x4		600
4	Driver motor paso	Pololu A4988	1,200
1	Shield Arduino	RAMPS 1.4	2,250
3	Micro switch		280
1	Fuente de alimentación 12V 30 ^a		1,100
1	Interruptor-Fusible		170
1	Final caliente	E3D V6	2,250
1	HeatBed	MK3	450
2	Termistor NTC	100k	140
1	Banda dentada 10m	GT2	380
2	Poleas	GT2	280
2	Poleas motor paso	GT2	280
1	Marco plywood		450
40	Pernos	M3 x 60mm	145
2	Varia roscada	M3	350
20	Tuercas	M3	50
3	Rollos de cables	20awg	600
1	Juego de piezas de plástico	Prusa i3	1,160
2	Ventilador alta velocidad 12 V	9733s	660
1	Juego de tornillos		660
Total			16,565

Tabla 6. Presupuesto Prusa i3

2.3.1.4. Impresora seleccionada.

Luego de evaluar todas las ventajas y desventajas de las impresoras consideradas se decidió implementar la impresora Prusa i3 ya que es la más se adapta a los requerimientos del proyecto. Las principales características en las que se apoya esta decisión son su bajo costo, la dimensión de impresión y la calidad de la misma.

2.3.2. Selección del plástico a utilizar

En la siguiente tabla se puede ver una comparativa entre los materiales considerados:

Material	PLA	ABS
Dureza	Decente	Mayor que la media
Flexibilidad	Poca	Moderada
Resistencia a golpes	No	Si
Resistencia al calor	No	Si
Resistencia a la exposición uv y humedad	Se desgasta con el tiempo	Se desgasta con el tiempo
Biodegradable	Si	No
Reciclable	Si	Si
Pintable y pegable	Podría ser posible	Posible
Tratamiento de acetona.	Posible	Posible
Precio	Bajo	Bajo

Tabla 7. Comparación de materiales

Basados en las características de cada uno de los materiales se decidió la se decidió seleccionar el ABS como material a utilizar para imprimir los componentes plásticos del kit didáctico de prácticas electrónicas. Ya que este posee una mayor resistencia a golpes y caídas, lo que permitirá que el kit didáctico cuente con una mayor vida útil.

2.3.3. Selección del programa laminador.

Se decidió trabajar con el software laminador Cura ya es un programa con licencia gratuita, con una interfaz de usuario amigable, cuenta con una gran variedad de configuraciones lo que permite mejorar la eficiencia de la impresión y la calidad del objeto a imprimir.

2.3.4. Implementación de la impresora Prusa I3.

Ya que se seleccionó la Prusa I3 como la impresora a implementar el ABS como plástico a utilizar se procedió a adquirir los componentes y materiales necesarios para montar la impresora que se muestran en la tabla número 8.

Nombre	Modelo	Cantidad
Motor	Nema 17	5
Coupling	Nema 17	2
Drivers de motor	Pololu A4988	5
Controlador	Arduino Mega 2560	1
Shield	Ramps 1.4	1
Hotend	E3d v6	1
Heatbed	MK3 Aluminio	1
Fuente de poder 12V 30^a		1
Varilla lisa de acero 6m	M8	1
Varilla roscada 2m	M8	1
Varilla roscada 1m	M5	1
Pernos	M2	12
Tuercas	M2	24

Plastico abs	2kg-rollo	2
Banda dentada 6m	GT2	1
Lcd full grafic		1
Perno dentado	M5	1
Cable 10	AWG20	1
Termistor	NTC 100K	2
Rodamientos		2
Plywood 8mm		1
Polea dentada	M3	2
Polea dentada	M3 Nema 17	2
Rodamiento lineale	LM8UU	7
MicroSwitch		3

Tabla 8. Lista de componentes y materiales de la impresora Prusa I3.

Una vez adquirido el plástico ABS se procedió a imprimir los componentes plásticos de la impresora. Estas piezas fueron hechas en la impresora del laboratorio de automatización de la FEC.

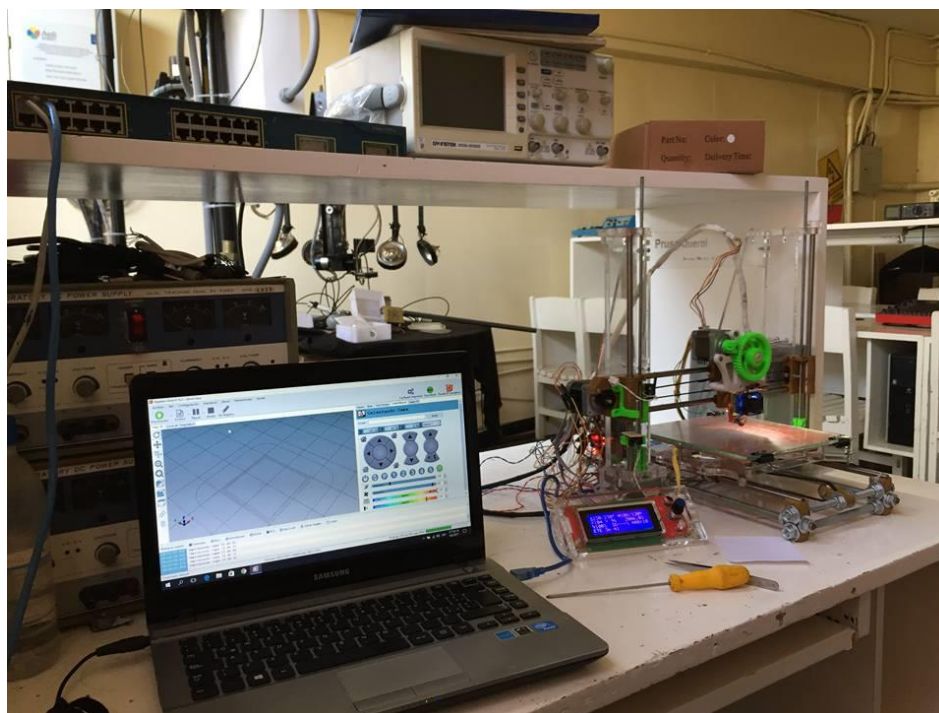


Figura 18. Impresora 3d MK2 del laboratorio de Automatización FEC. (Autor)

En la siguiente tabla 9 se puede ver la lista de elementos plásticos que se deben imprimir para implementar de la impresora 3d.

Pieza	Cantidad
Soporte superior eje z	2
Soporte inf eje z motores	2
Soporte eje y	4
Soporte polea eje y	1
Soporte de motor eje y	1
Soporte banda eje y	1
Soporte de heatbed	3
Soporte de Marco eje x	1
Extrusor	1
Soporte de extrusor	1
Case Ramps 1.4	1
Case fuente de poder	1

Tabla 9. Lista de complementos plásticos.

En la imagen 19 se puede ver la totalidad de los componentes plásticos ya impresos. Ya que se tenía impreso todos los componentes plásticos y se adquirieron el resto de piezas se procedió a implementar la impresora 3d.



Figura 19. Componentes plásticos ya impresos. (Autor)

Se puede ver en la imagen 20 la impresora una vez se terminó de montar todos los componentes³. Se procedió a realizar la configuración del firmware y a realizar diferentes pruebas de funcionalidad para detectar errores y corregirlos.

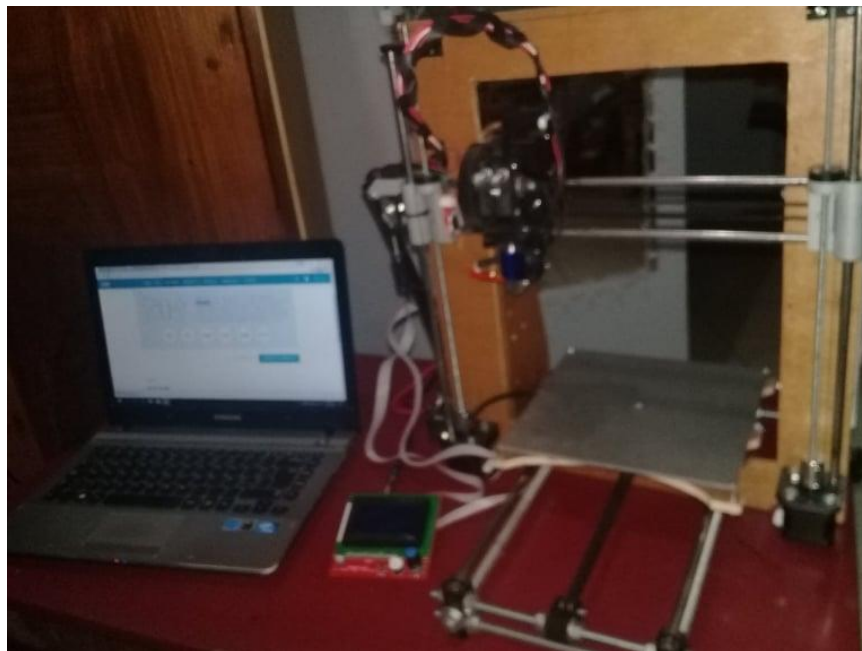


Figura 20. Impresora Prusa i3 ya montada. (Autor)

2.3.4.1. Configuración del firmware

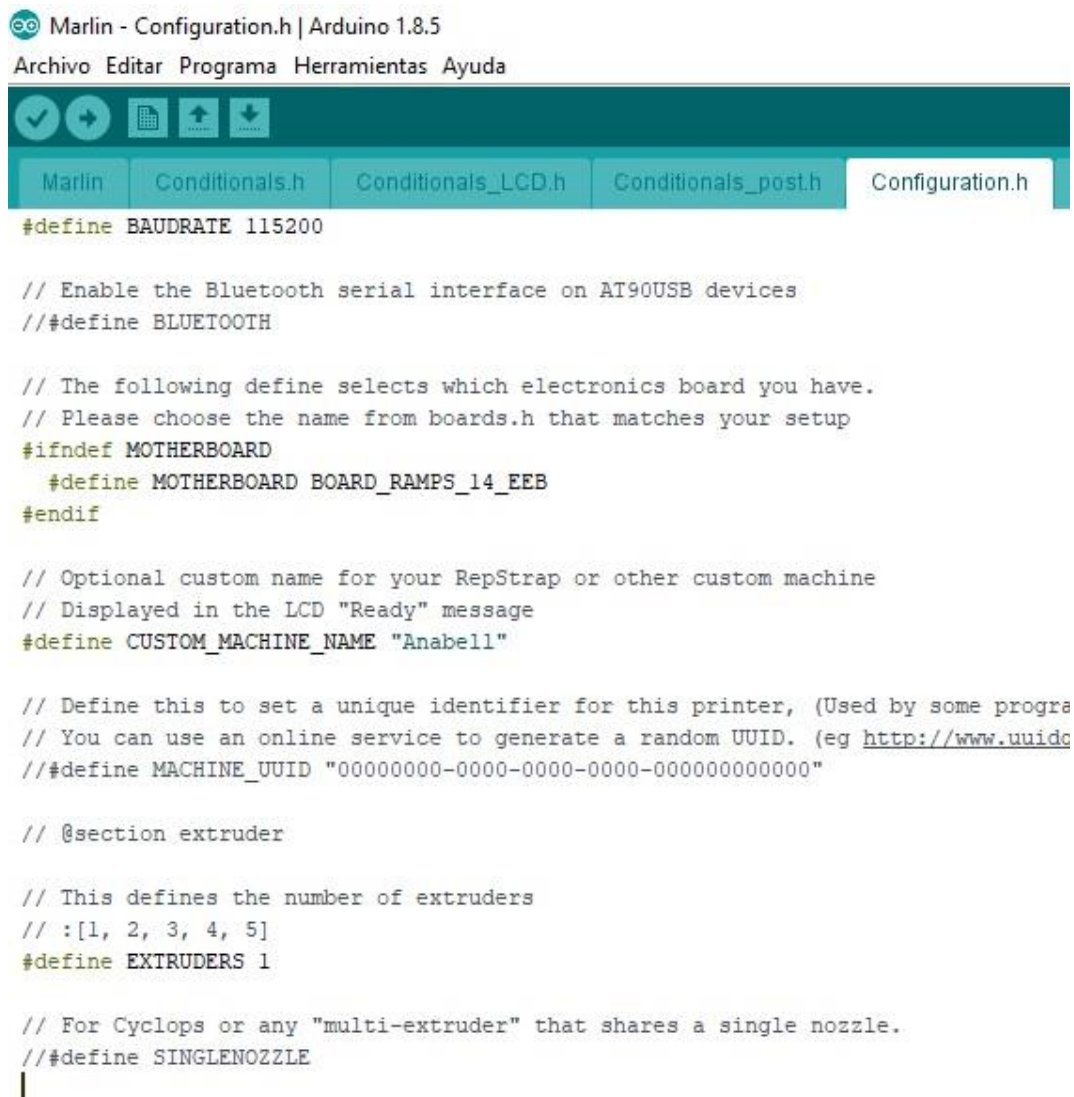
Una vez finalizado el proceso de ensamblaje de la impresora Prusa i3 se procedió a editar y cargar el firmware en el controlador arduino mega 2650. El firmware Marlin cuenta con diferentes cabeceras en las que se editan los valores en función de la impresora que se desea utilizar.

La cabecera en las que se realiza la mayor parte de las configuraciones es en la configuration.h. En ella se realizan cambios tales como la selección del nombre de la impresora, hasta etapas de calibración de los motores paso (relación paso/mm).

Inicialmente se define el nombre del autor de los últimos cambios, proseguidos del puerto serial a utilizarse para la interfaz de comunicación entre la impresora y la computadora, la velocidad de comunicación entre ellas es el valor recomendado

³ Ver anexo C

115200. Posteriormente, se define el tipo de tarjeta controladora a utilizar, en este caso se seleccionó el valor previamente establecido en la cabecera board.h: BOARD_RAMPS_14_EFB. Luego se nombró a la impresora y se definió la cantidad de extrusores a utilizar (EXTRUDERS 1, que se refiere a un único extrusor). (Ver imagen 21).



```

Marlin - Configuration.h | Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Marlin Conditionals.h Conditionals_LCD.h Conditionals_post.h Configuration.h

#define BAUDRATE 115200

// Enable the Bluetooth serial interface on AT90USB devices
// #define BLUETOOTH

// The following define selects which electronics board you have.
// Please choose the name from boards.h that matches your setup
#ifdef MOTHERBOARD
  #define MOTHERBOARD BOARD_RAMPS_14_EEB
#endif

// Optional custom name for your RepStrap or other custom machine
// Displayed in the LCD "Ready" message
#define CUSTOM_MACHINE_NAME "Anabell"

// Define this to set a unique identifier for this printer, (Used by some programs)
// You can use an online service to generate a random UUID. (eg http://www.uuidgenerator.net)
// #define MACHINE_UUID "00000000-0000-0000-0000-000000000000"

// @section extruder

// This defines the number of extruders
// :[1, 2, 3, 4, 5]
#define EXTRUDERS 1

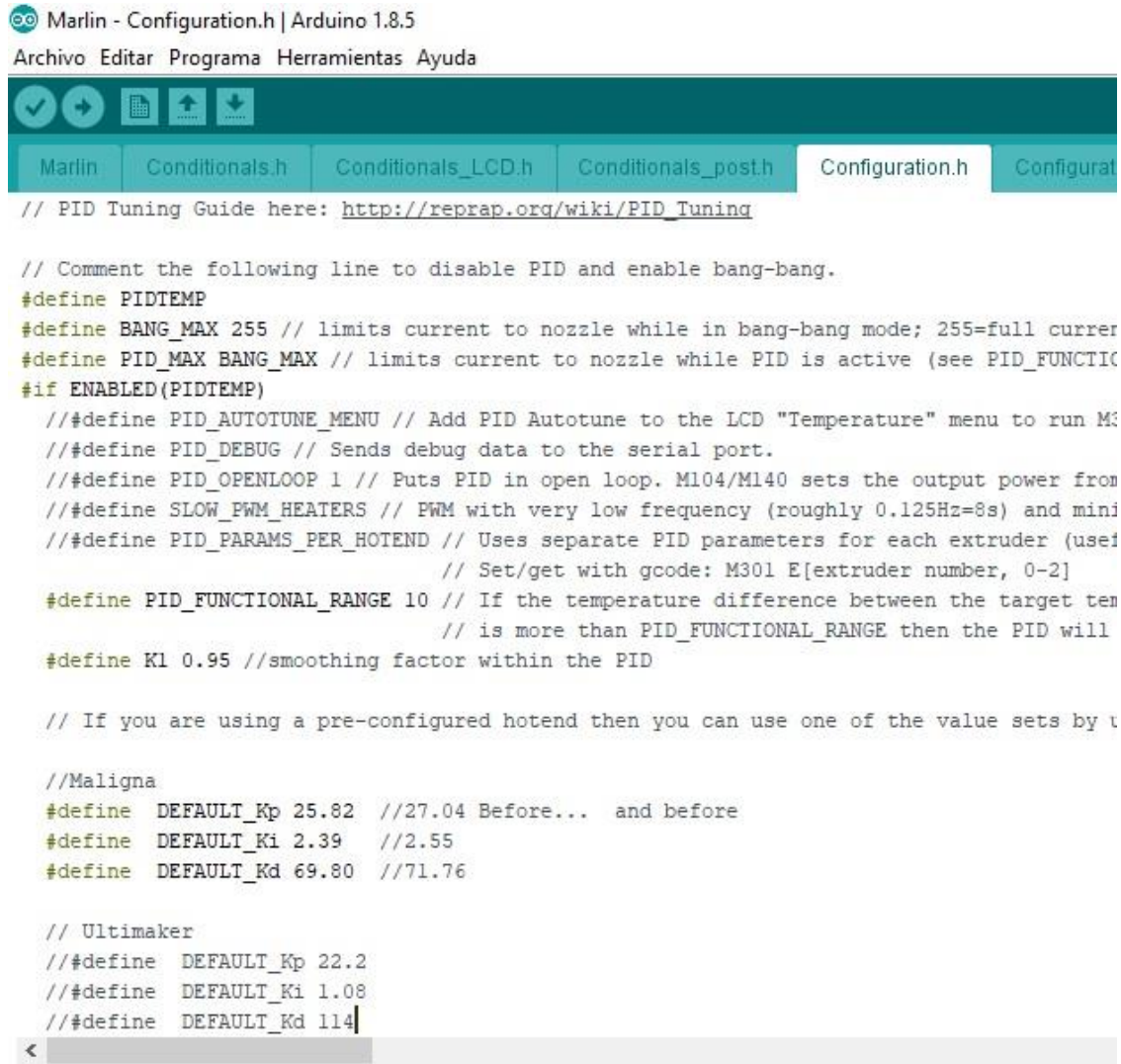
// For Cyclops or any "multi-extruder" that shares a single nozzle.
// #define SINGLENOZZLE

```

Figura 21. Configuración Marlin 1. (AUTOR)

Luego se procedió a definir el sensor de temperatura del final caliente y de la cama caliente con sus valores (Ambos termistores son de 100K NTC). Se prosiguió con la configuración del PID. Para realizar este proceso se cargó el firmware en la impresora y con ayuda del Repetier-Host se introdujo manualmente

el g-code M303 E0 S220 C5, que es un comando para calentar el final caliente a una temperatura de 220°C, 5 veces. De esto se obtuvo los siguientes valores para el PID: $K_p=25.82$, $K_i=2.39$ y $k_d=69.8$. (Ver imagen 22)



```

Marlin - Configuration.h | Arduino 1.8.5
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Marlin Conditionals.h Conditionals_LCD.h Conditionals_post.h Configuration.h Configurati

// PID Tuning Guide here: http://reprap.org/wiki/PID\_Tuning

// Comment the following line to disable PID and enable bang-bang.
#define PIDTEMP
#define BANG_MAX 255 // limits current to nozzle while in bang-bang mode; 255=full curren
#define PID_MAX BANG_MAX // limits current to nozzle while PID is active (see PID_FUNC
#define ENABLED(PIDTEMP)
  // #define PID_AUTOTUNE_MENU // Add PID Autotune to the LCD "Temperature" menu to run M3
  // #define PID_DEBUG // Sends debug data to the serial port.
  // #define PID_OPENLOOP 1 // Puts PID in open loop. M104/M140 sets the output power from
  // #define SLOW_PWM_HEATERS // PWM with very low frequency (roughly 0.125Hz=8s) and mini
  // #define PID_PARAMS_PER_HOTEND // Uses separate PID parameters for each extruder (usef
      // Set/get with gcode: M301 E[extruder number, 0-2]
  #define PID_FUNCTIONAL_RANGE 10 // If the temperature difference between the target tem
      // is more than PID_FUNCTIONAL_RANGE then the PID will
  #define K1 0.95 //smoothing factor within the PID

  // If you are using a pre-configured hotend then you can use one of the value sets by t

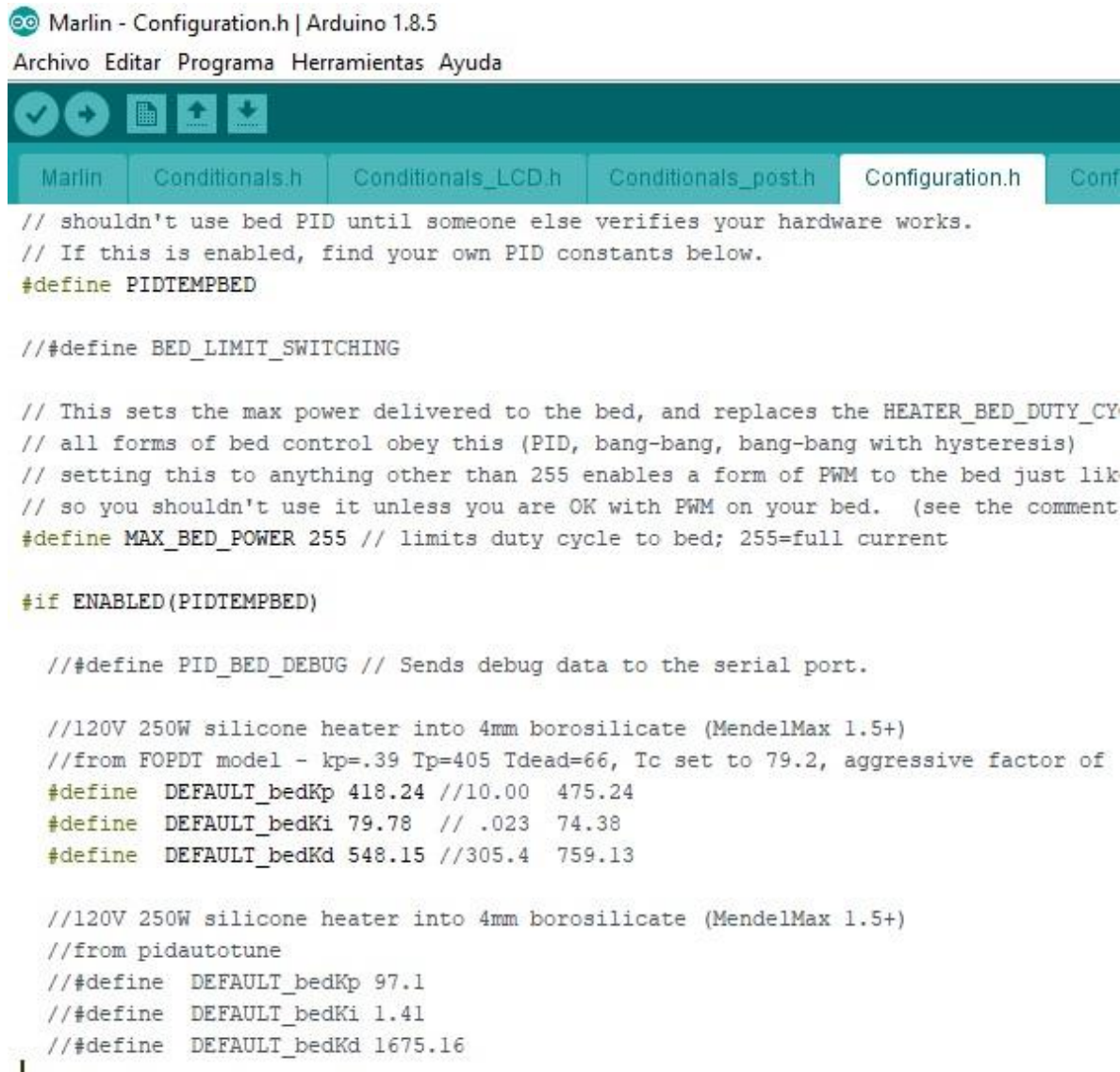
  //Maligna
  #define DEFAULT_Kp 25.82 //27.04 Before... and before
  #define DEFAULT_Ki 2.39 //2.55
  #define DEFAULT_Kd 69.80 //71.76

  // Ultimaker
  // #define DEFAULT_Kp 22.2
  // #define DEFAULT_Ki 1.08
  // #define DEFAULT_Kd 114
  <

```

Figura 22. Configuración Marlin PID del final caliente.

Posteriormente se procedió a configurar el PID de la cama caliente, contando siempre con la ayuda de Repetier-Host se introdujo el g-code para la obtención de los valores del PID de la misma, M303 E-1 S75 C5, que es un comando para calentar la cama caliente a una temperatura de 75°C, 5 veces. Cuyo valores obtenidos fueron: $K_p=408.24$, $K_i=79.78$ y $K_d=548.15$. (Ver imagen 23)



```
// shouldn't use bed PID until someone else verifies your hardware works.
// If this is enabled, find your own PID constants below.
#define PIDTEMPBED

//#define BED_LIMIT_SWITCHING

// This sets the max power delivered to the bed, and replaces the HEATER_BED_DUTY_CYCLE
// all forms of bed control obey this (PID, bang-bang, bang-bang with hysteresis)
// setting this to anything other than 255 enables a form of PWM to the bed just like
// so you shouldn't use it unless you are OK with PWM on your bed. (see the comment
#define MAX_BED_POWER 255 // limits duty cycle to bed; 255=full current

#if ENABLED(PIDTEMPBED)

  //#define PID_BED_DEBUG // Sends debug data to the serial port.

  //120V 250W silicone heater into 4mm borosilicate (MendelMax 1.5+)
  //from FOPDT model - kp=.39 Tp=405 Tdead=66, Tc set to 79.2, aggressive factor of
  #define DEFAULT_bedKp 418.24 //10.00 475.24
  #define DEFAULT_bedKi 79.78 // .023 74.38
  #define DEFAULT_bedKd 548.15 //305.4 759.13

  //120V 250W silicone heater into 4mm borosilicate (MendelMax 1.5+)
  //from pidautotune
  //#define DEFAULT_bedKp 97.1
  //#define DEFAULT_bedKi 1.41
  //#define DEFAULT_bedKd 1675.16
```

Figura 23. Configuración Marlin PID de la cama caliente.

Terminado el proceso de obtención de los valores se procedió a introducir los mismos en la configuración del Marlin. Además se agregó el valor de temperatura mínima de extrusión, esto con la finalidad de evitar atascos en el extrusor.

Se procedió a calcular de la relación paso por milímetro para los motores de cada eje. Esto se realizó con la ayuda de la calculadora en línea Prusa (<https://blog.prusaprinters.org/calculator>). Para realizar el cálculo bastó con introducir los valores siguientes para los ejes xy: Tipo de motor, tipo de controlador de motor, resolución de dientes/ mm de la banda y la cantidad de dientes de la

polea. En el eje z los valores fueron: Tipo de motor, tipo de controlador de motor, resolución de vueltas de rosca/mm (Ver imagen 24),

Stepper Motors

Steps per millimeter - belt driven systems

The result is theoretically right, but you might still need to calibrate your machine to get finest detail. This is good start tho.

If you struggle how to use this calculator, try asking in [1 steps per mm forum](#).

Motor step angle

Belt pitch (in mm)

Pulley tooth count

Driver microstepping

Belt presets

Result	Resolution	Teeth	Step angle	Stepping	Belt
80.00 Click to Share!	12.5micron	20	1.8°	1/16th	2mm

Figura 24. Calculadora prusa. (Autor)

Siguiendo con la calibración de la impresora se realizó con la ayuda del Repetier-host el cálculo de la relación paso/mm del extrusor. Para ello se marcó una distancia de 10 en el filamento plástico, desde la entrada del mismo al extrusor, luego, se mandó a extruir 10mm de filamento. Una vez finalizada la extrusión se observó que se había extruido menos de la distancia requerida por que se realizó la medición de la distancia entre la entrada del filamento y la marca previamente realizada. El resultado de la medición fue 4.8mm de filamento extruido, Se obtuvo por regla de 3 el valor indicado de paso/mm del extrusor, este sería 1042 (Ver imagen 25).



Figura 25. Configuración Marlin motores paso. (Autor)

2.3.4.2. Primera impresión de prueba.

Una vez finalizada esta etapa se procedió a realizar las primeras impresiones de prueba, para para poder realizar los ajustes necesarios en la impresión, para que al momento de imprimir los componentes del kit didáctico se pudieran obtener los resultados esperados.

En la imagen 26 se aprecia una pieza de prueba en la que se puede observar un desfase en el eje Y al momento de imprimir el esta pieza, la cual, provocaba una deformación considerable en el diseño impreso.



Figura 26. Pieza de prueba de impresión. (Autor)

Al revisar minuciosamente la impresora se detectó que el sujetador de la cama tenía un pequeño juego al momento del cambio de dirección del eje y. Esto se solucionó agregando más arandelas a las tuercas que sostienen el sujetador de la cama, eliminando así el juego existente. En la imagen 27 se puede ver la reimpresión de la pieza de prueba, en ella se puede observar que el inconveniente fue solventado.

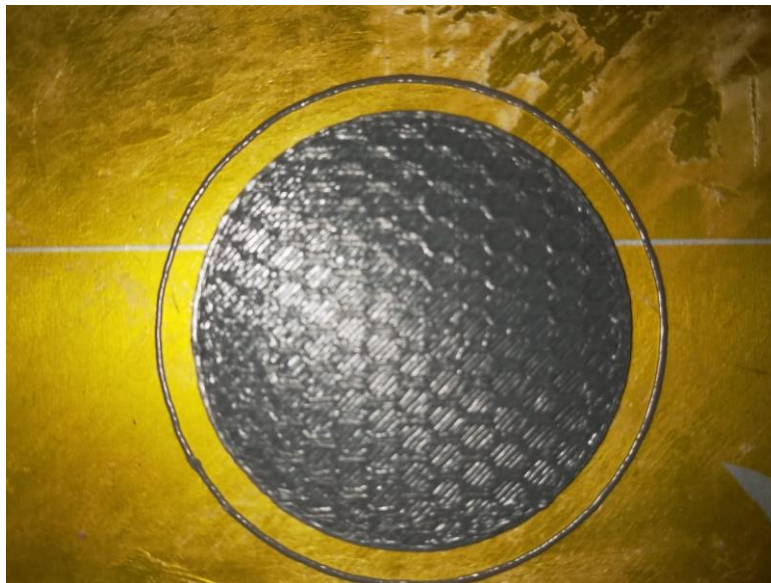


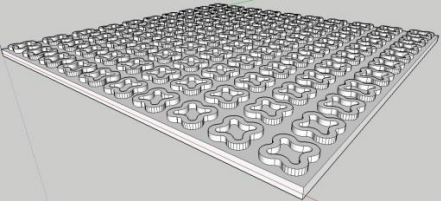
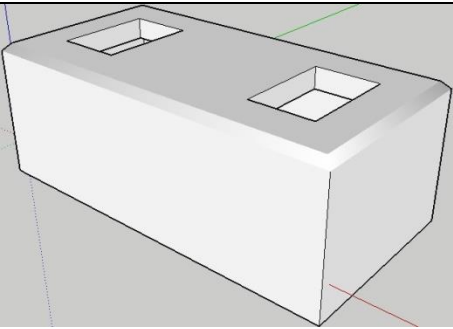

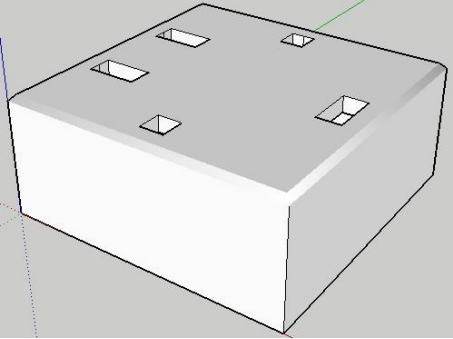
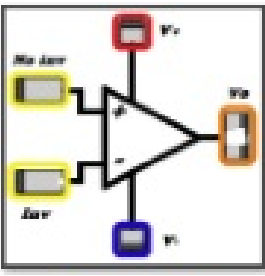
Figura 27. Reimpresión de pieza de prueba. (Autor)

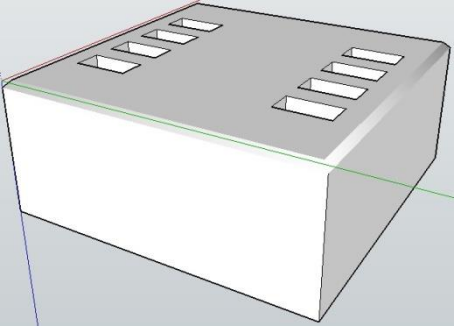
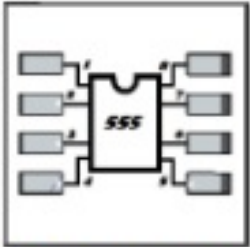
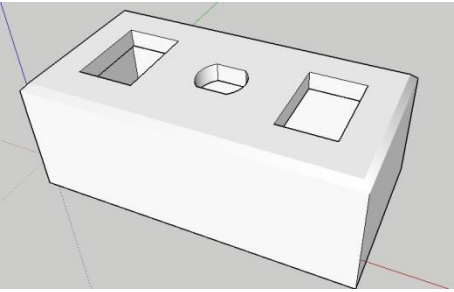
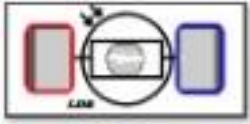
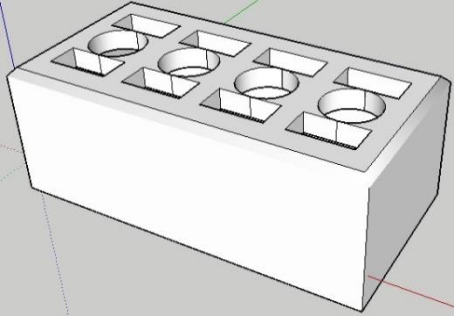
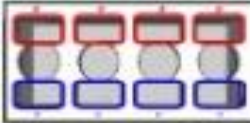
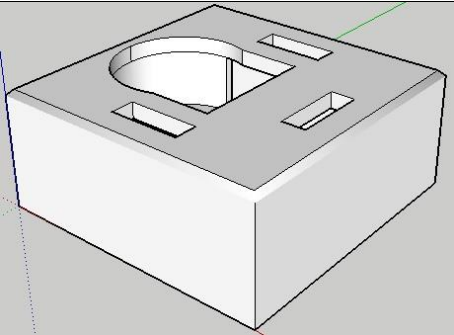
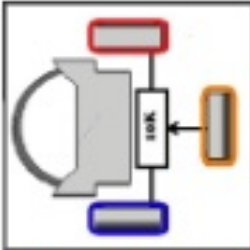
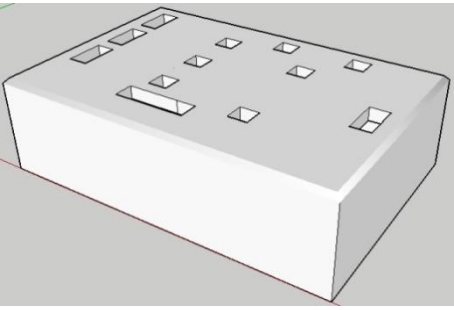
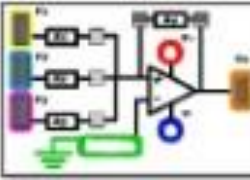
2.4. Construcción del Kit didáctico de prácticas electrónica.

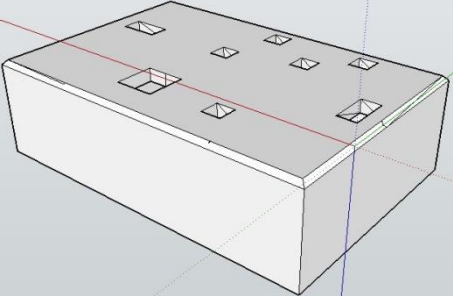
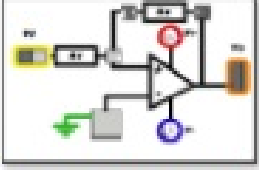
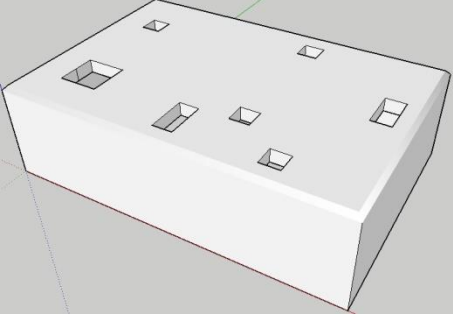
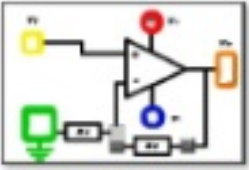
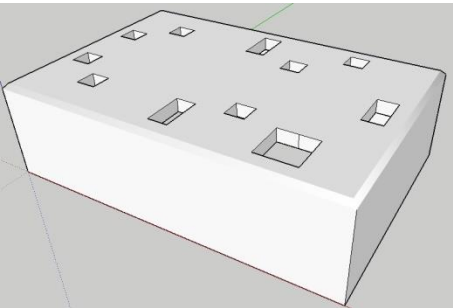
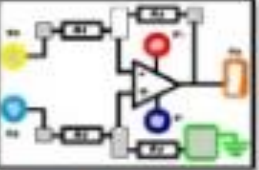
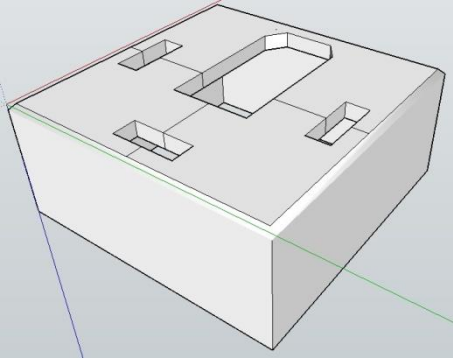
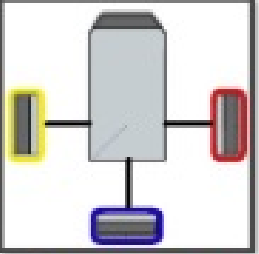
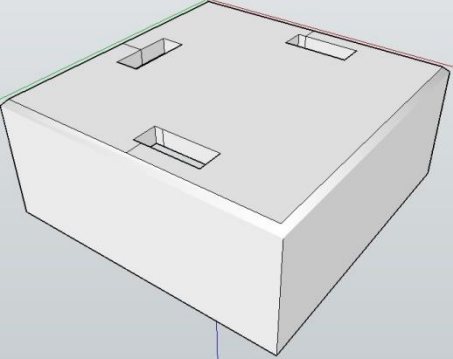
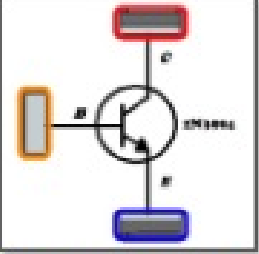
Una vez superada la etapa de selección e implementación se continuó con la construcción del Kit didáctico de prácticas electrónicas. Para ello, se imprimieron los 34 cubos con los que iba a contar el kit y la base para encastrar.

2.4.1. Impresión de la base y cubos del kit didáctico.

En la tabla 10 se muestran la lista de cubos a imprimir y la base de kit didáctico. Sus diseños y diseño de su etiqueta.

Objeto	Cantidad	Diseño de pieza	Diseño de la etiqueta
Base para encastrar	1		NA
Cubo componentes de 2 pines	9		
Cubo 741 sencillo	1		

Cubo 555 sencillo	1		
Cubo LDR	2		
Cubo LEDs	1		
Cubo potenciómetro	4		
Cubo 741 sumador	1		

Cubo 741 amplificador inversor	1		
Cubo 741 amplificador no inversor	1		
Cubo 741 comparador	1		
Cubo T0220	5		
Cubo BJT	5		

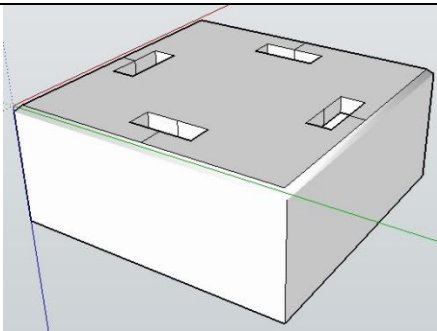
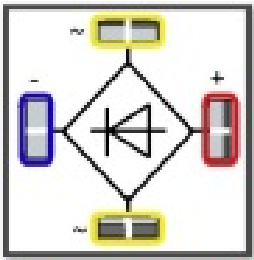
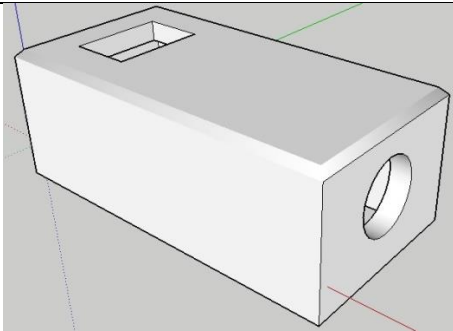

Cubo puente de diodos	1		
Cubo coupling	2		

Tabla 10. Lista de cubos

Se procedió a realizar una primera impresión de prueba de la base, para esto se decidió imprimir una fracción de la misma (Ven imagen 28).

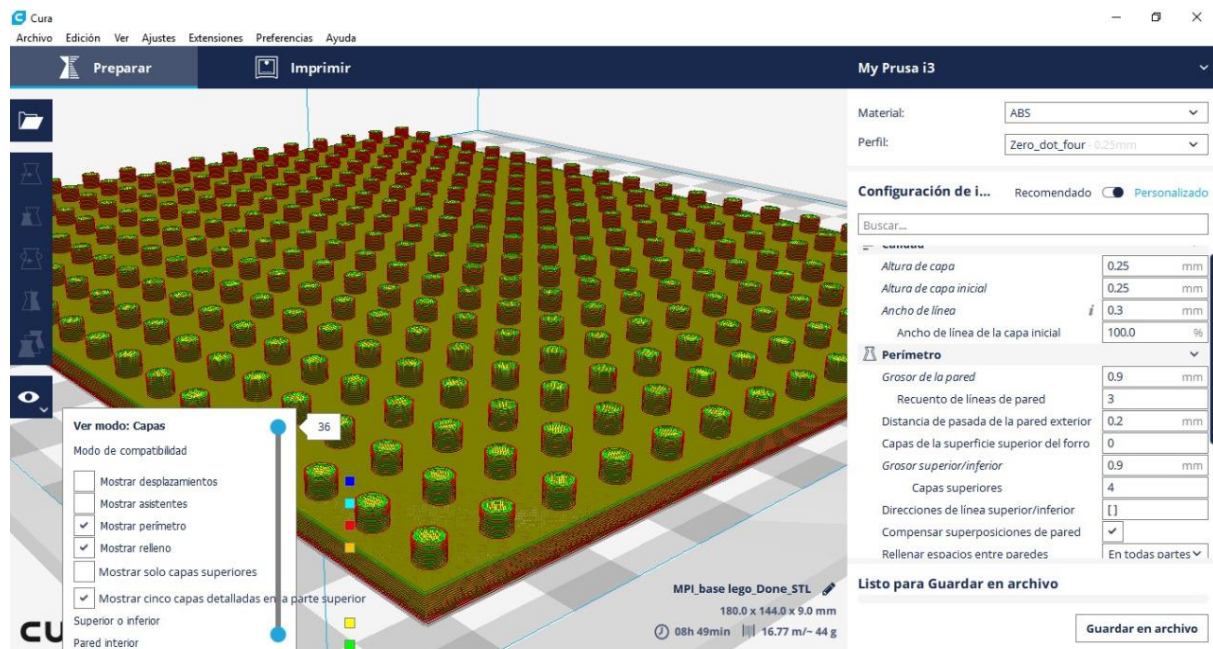


Figura 28. Configuraciones de la base en Cura. (Autor)

Se puede ver en la imagen 28 las configuraciones con las que se procedió a realizar la impresión, que consistían en una boquilla de 0.4mm, una altura de capa de 0.25mm, un ancho de línea de 0.48mm, 3 líneas de perímetro, 3 capas inferiores, 3 capas superiores y un relleno del 20% del volumen.

Al momento de realizar la primera impresión de prueba de la base para encastrar se evidenció el problema que esta era frágil, ya que al momento de encastrar un cubo y posteriormente sacarlo, este deslaminaba los cilindros de la base en los cuales se sostenía el cubo. Dicho problema era debido a la gran cantidad de tiempo que la impresora dedicaba a cada capa de los cilindros, de forma tal que al llegar al último, este estaba muy frío, lo que dificultaba la adhesión de la siguiente capa. Este daño se puede ver claramente en la imagen 29.



Figura 29. Base para encastrar dañada (Autor)

Por lo cual, se decidió implementar un diseño alternativo que permitiera superar este problema. El diseño seleccionado consiste en sustituir los círculos de la base por un diseño de “tréboles”, este permite a la impresora crear capas de forma más rápida y eficientes debido a su arquitectura de contornos lo que proporciona resultados suficientemente fuertes solucionando el inconveniente anterior. En la imagen 30 se puede ver las configuraciones de los cortes y el código-g generado previo a la impresión de base del kit didáctico de “tréboles”.

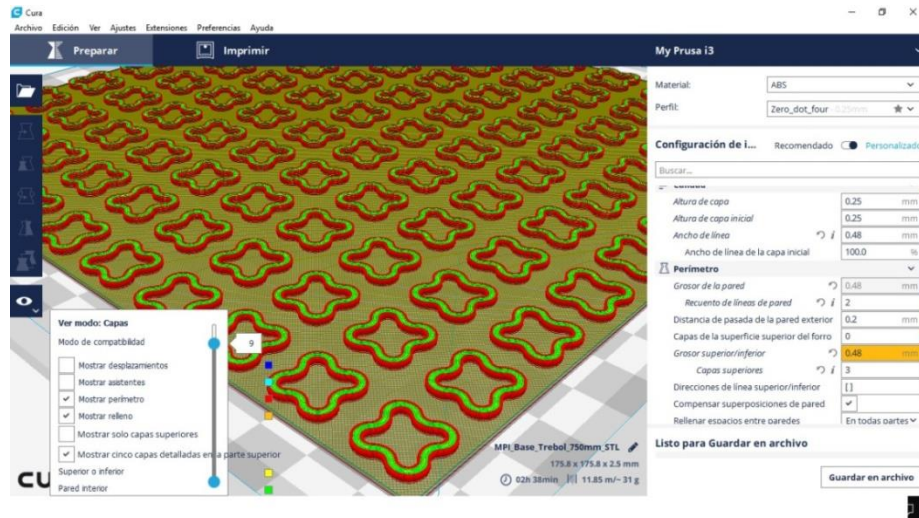


Figura 30. Código g de base de tréboles. (Autor)

En la imagen 30 se aprecian las configuraciones establecidas que consistían en una boquilla de 0.4mm, una altura de capa de 0.25mm, un ancho de línea de 0.48mm, 3 líneas de perímetro, 3 capas inferiores y 3 capas superiores.

Los resultados fueron los esperados y se obtuvo una base resistente, los tréboles permitían encastrar y desencastrar los cubos sin ningún inconveniente ni daño (Ver imagen 31). Por lo cual, se decidió que la base para encastrar de “tréboles” sería la base del kit didáctico de prácticas electrónicas.

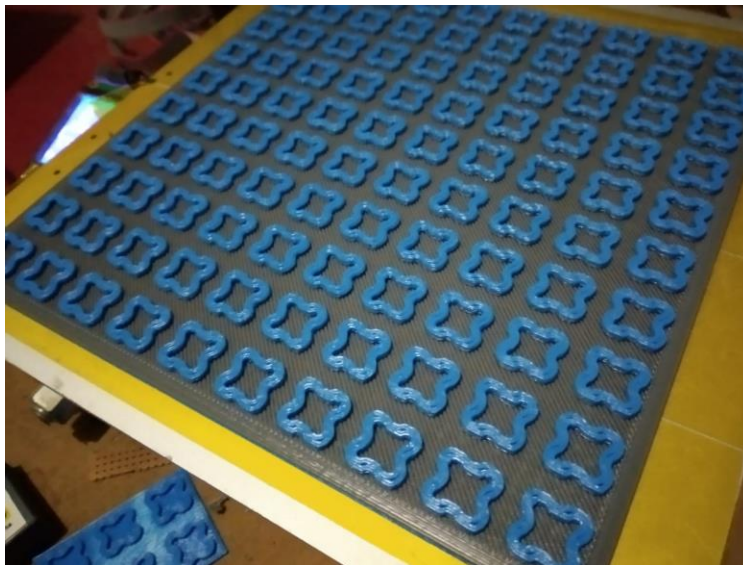


Figura 31. Base del kit didáctico. (Autor)

Una vez impresa la base, se procedió a realizar la impresión de los cubos del kit didáctico de prácticas electrónica.

Luego, se decidió imprimir un cubo de prueba que sería el cubo de un Timer 555 con la finalidad de establecer correctamente las configuraciones necesarias para el programa de laminación de forma que el resultado obtenido cumpla con los parámetros de resistencia, acabado y fidelidad de impresión.

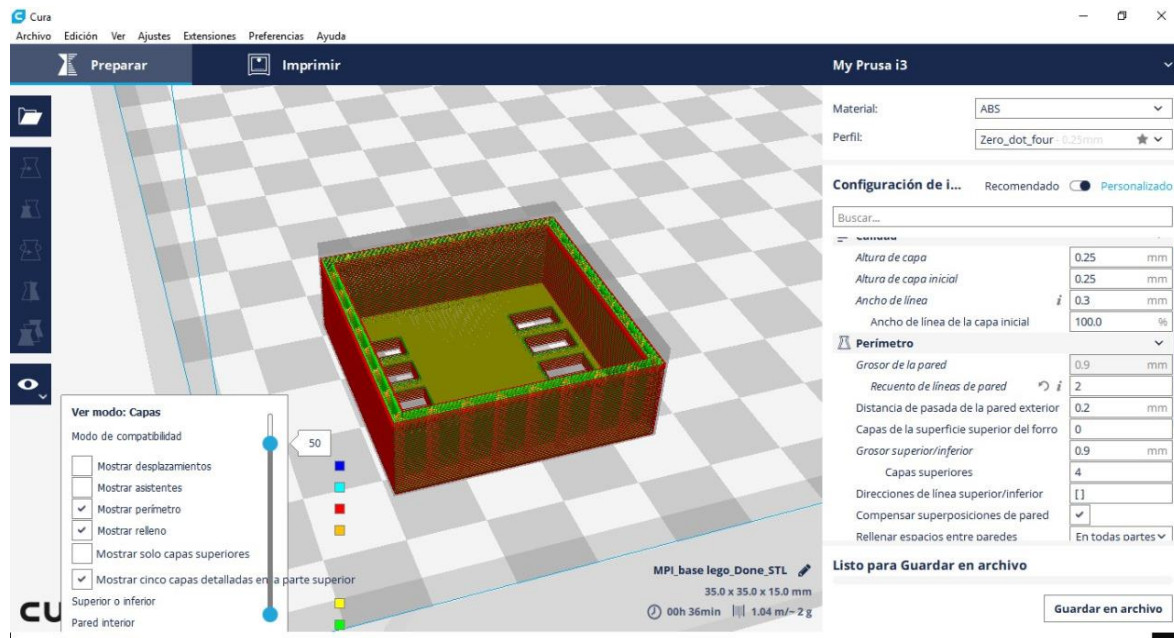


Figura 32. Código g del cubo del Timer 555. (Autor)

Dicha configuraciones están hechas para trabajar con una boquilla de 0.4mm, una altura de capa de 0.25mm, un ancho de línea de 0.48mm, 3 líneas de perímetro, 3 capas inferiores y 3 capas superiores. Se puede ver en la imagen 32, las configuraciones de los cortes y el código-g generado previo a la impresión del cubo de un Timer 555.



Figura 33. Cubo de Timer 555 con paredes frágiles. (Autor)

La imagen 33 muestra el cubo del Timer 555 ya impreso, cuyo resultado de impresión no fue el esperado. La estructura de las paredes era frágil debido a la ausencia de una estructura de relleno entre estas, ya que la impresión de las paredes consistía en la creación únicamente de líneas perimetrales. Sin embargo, la fidelidad de impresión fue óptima, obteniendo un margen de error menor al $\pm 0.05\text{mm}$.

Este problema se solventó al reducir la líneas de perímetro únicamente a dos y añadiendo un relleno entre paredes del 20% de volumen de impresión en forma de rejilla (Ver imagen 34). Con lo que se esperaba obtener una estructura resistente y que se obtuvieron los parámetros de fidelidad deseados.

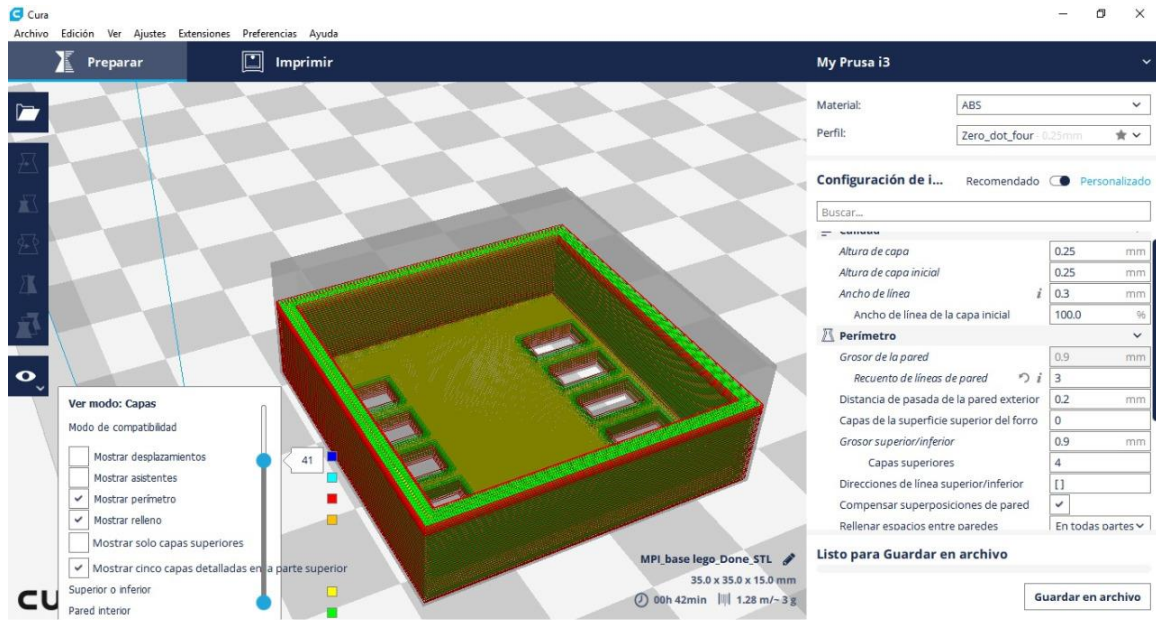


Figura 34. Código g de 555 modificado. (Autor)

En la imagen 35 se muestra el cubo del Timer 555 impreso, donde se puede ver los cambios en las configuraciones dieron el resultado esperado, se obtuvo paredes sólidas y una fidelidad de impresión óptima.

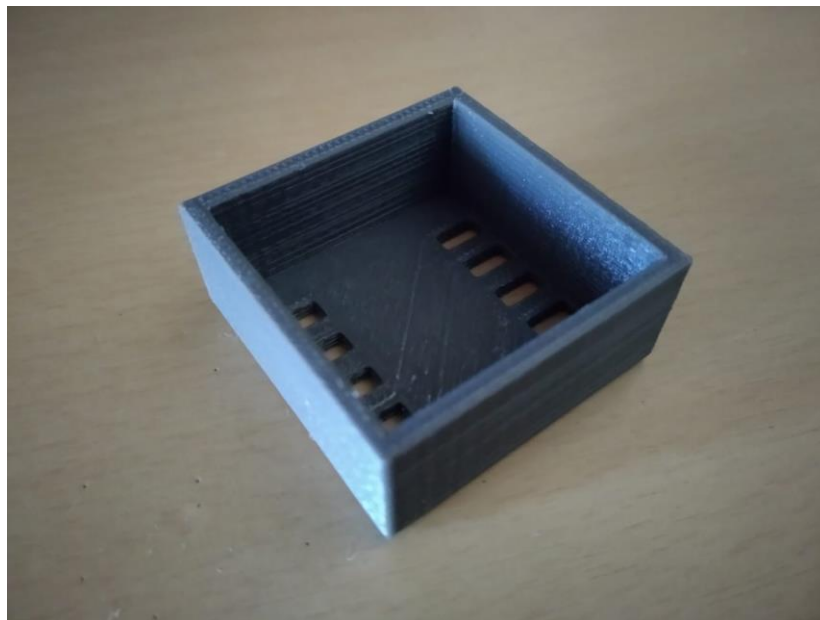


Figura 35. Cubo de Timer 555 mejorado. (Autor)

Ya establecidas las configuraciones óptimas para obtener cubos que cumplan con los requerimientos necesarios de resistencia, fidelidad y acabado, se procedió a imprimir la totalidad de los cubos del kit didáctico de prácticas electrónicas.



Figura 36. Todos los cubos del kit didáctico impresos. (Autor)

2.4.2. Montaje de los cubos del kit didáctico.

Para esta etapa se procedió a realizar la compra de los siguientes componentes y materiales necesarios para realizar los circuitos internos de cada uno de los cubos del kit didáctico de prácticas electrónicas. En la siguiente tabla se muestra la lista de dichos componentes.

Nombre	Cantidad
Timer 555	1
OPAM 741	5
Potenciometros varios	4
Transistor 2n3904	2
Transistor 2n3906	2
Portaintegrado 8 pines	6
Regulador 7912	1
Regulador 7812	1
Diodos	4

Puente de diodos	1
LEDs	4
LDR	2
PCB	5
Pines hembra	250
Botella cloruro ferrico	1
Brocas 0.7 mm	2
Papel de calcomanía A4	2
Pegamento epoxi	1
Rollo estaño	1
SCR C108	1
TRIAC BT 137	1
DIAC DB3	1
UJT 2N2646	1
Regulador variable Lm317	1

Tabla 11. Lista de componentes y materiales

Se procedió a realizar el diseño de las pistas de los circuitos internos de los cubos, posteriormente se hicieron los circuitos impresos y se soldaron los componentes, como podemos ver en la imagen 37 que pertenece al circuito de un OPAM 741 amplificador no inversor.

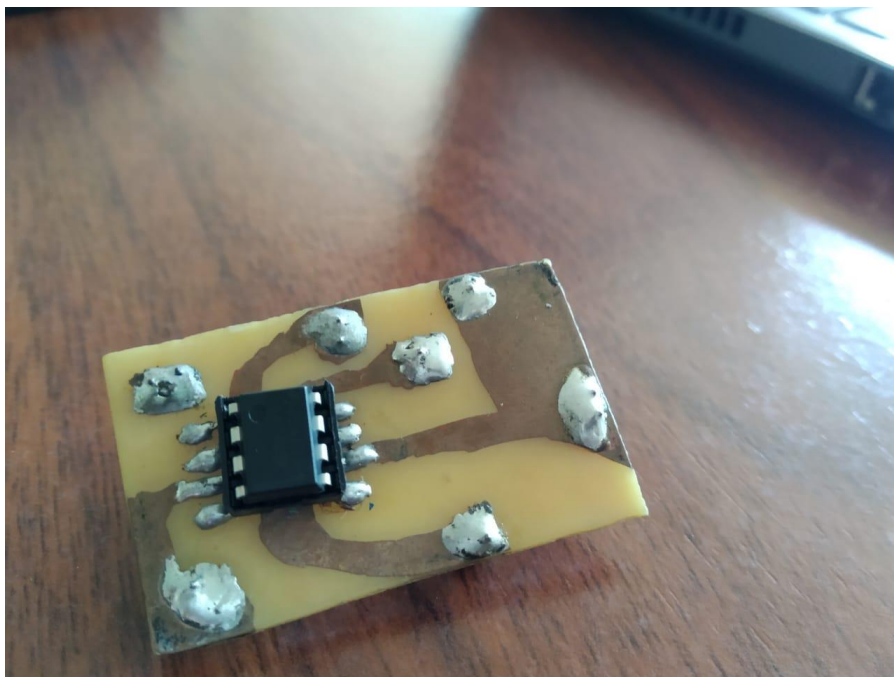


Figura 37. Circuito impreso del OPAM 741. (Autor)

En la imagen 38 se puede ver la totalidad de componentes del kit didáctico de prácticas electrónicas ya ensamblados.

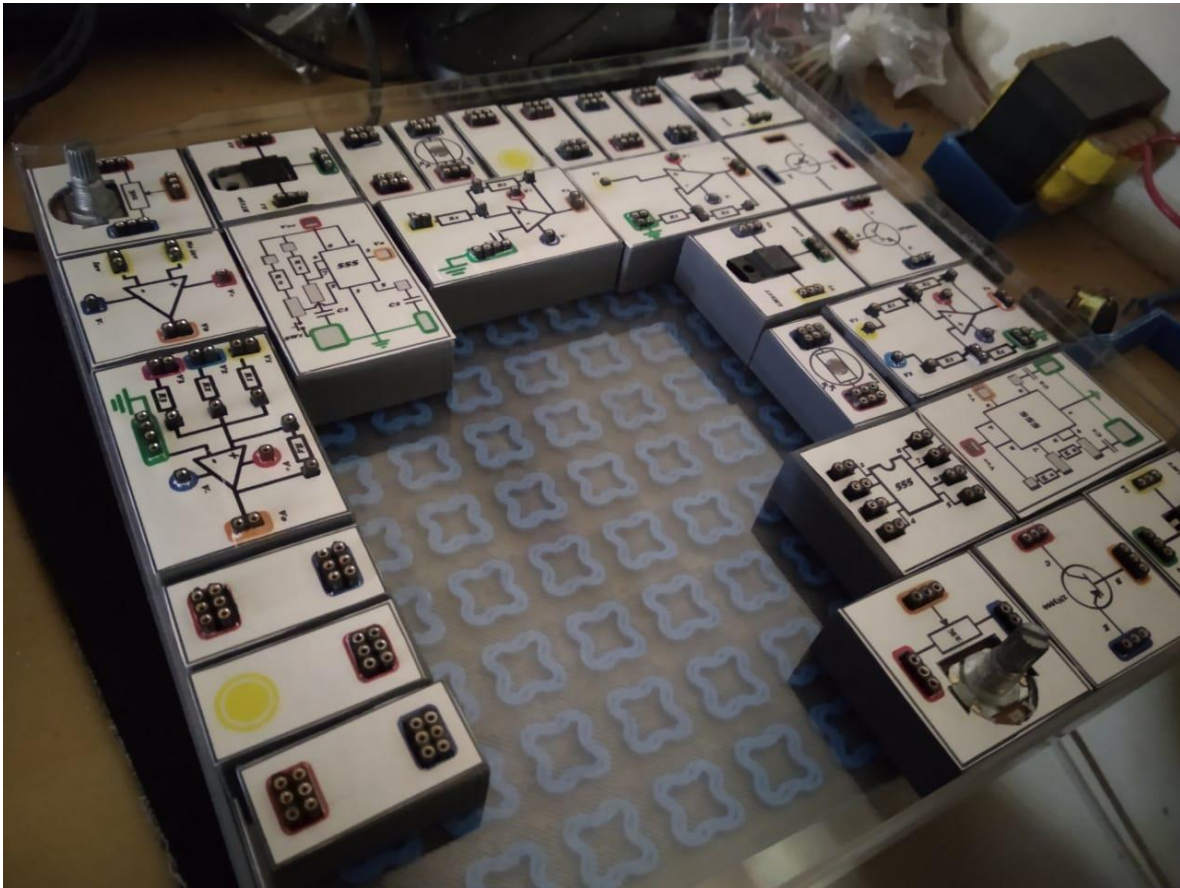


Figura 39. Cubos del kit didáctico ya ensamblados. (Autor)

2.5. Evaluación de funcionalidad del kit didáctico.

Luego de finalizar la construcción del kit didáctico se realizó el montaje de circuitos electrónicos similares a los orientados en las guías de laboratorio que utilizan en la asignatura de prácticas electrónicas los estudiantes del INTECNA y así, poder evaluar su funcionalidad.

En la imagen 40 se observa el montaje de un Amplificador no inversor con el cual se realizaron las debidas mediciones para asegurarse que el cubo del kit didáctico funcionaba de la forma esperada.

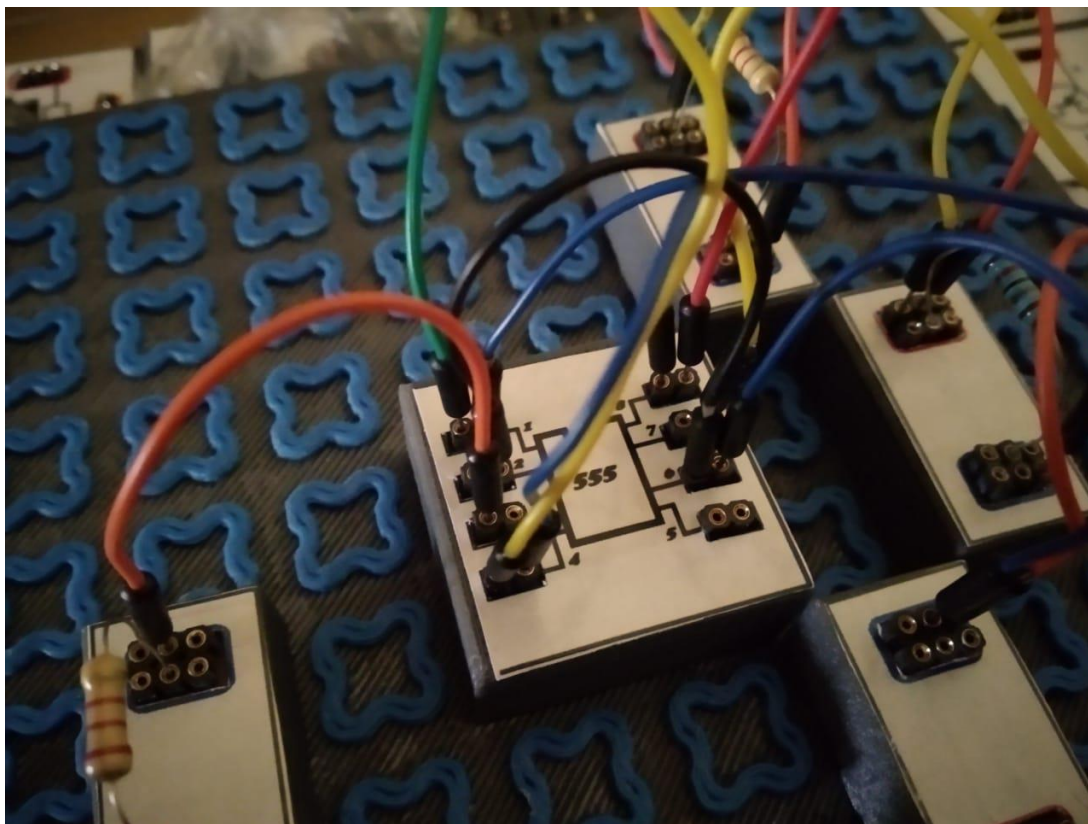


Figura 40. Circuito de OPAM Sumador. (Autor)

Al realizar el montaje se encontró la debilidad que el material de las etiquetas se había comenzado a desprender por los bordes, lo que podía provocar que en un futuro se pudiera afectar la claridad con la que muestra el diagrama esquemático de los cubos. A pesar de este inconveniente el kit didáctico funcionó de la manera esperada.

Para superar este problema se decidió volver a imprimir las etiquetas utilizando un material más adhesivo y resistente como es el vinilo, y se sustituyeron todas las etiquetas de todos los cubos.

Posteriormente se procedió a realizar el montaje de una práctica de laboratorio de la asignatura de prácticas electrónicas con el profesor Marlon Barboza para evaluar el kit didáctico de prácticas electrónicas por medio de rubricas (Ver imagen 41).

Desempeño	1	2	3	4	5	Observaciones
Criterio						
El kit didáctico es fácil e intuitivo de utilizar						
La base y los cubos del kit didáctico son resistentes						
Funcionan correctamente los componentes electrónicos						
Evita la manipulación de los componentes electrónicos más susceptibles a daño						
Los diagramas esquemáticos están claramente detallados						
El kit didáctico es funcional						

Tabla 12. Rubricas

Durante este montaje se comprobó que el kit didáctico es fácil de utilizar, la base y los cubos son resistentes, los componentes electrónicos funcionan correctamente, no es necesario manipular más componentes que resistencias y cables, y además las etiquetas con el diagrama esquemático estaban claras.⁴

Con estos resultados se puede aseverar que el kit didáctico de prácticas electrónicas es funciona y cumple con los criterios de desempeño establecidos al inicio de este trabajo. Por esto se dio por concluida la etapa de evaluación de la funcionalidad.

⁴ VER ANEXO D

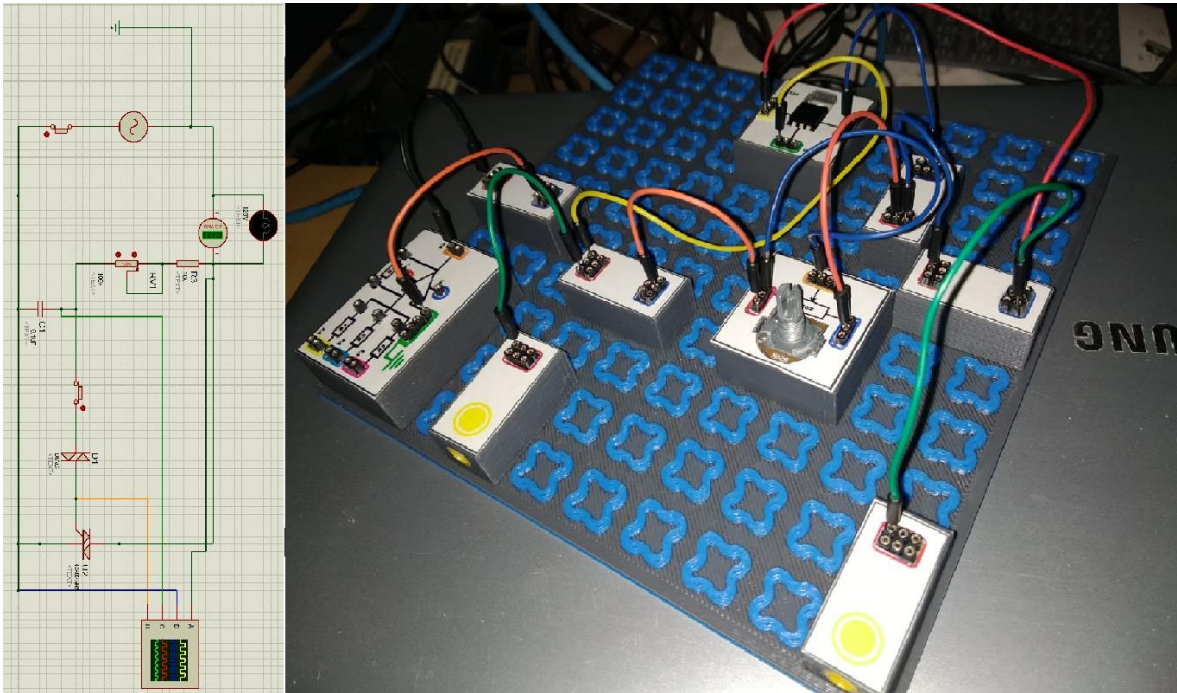


Figura 41. Montaje del kit didáctico con el Profesor Barboza. (Autor)

Posteriormente se procedió a realizar la entrega del kit didáctico de prácticas electrónicas al departamento de Electrónica del INTECNA firmándose un acta de conformidad y entrega⁵. Además se entregó un manual de usuario del kit⁶.

⁵ Ver anexo E

⁶ Ver anexo F

Capítulo 3: Conclusiones y recomendaciones

- Se definieron los criterios de desempeño con los que debería contar el kit didáctico de prácticas electrónicas a través de entrevistas realizadas a los docentes del departamento de Electrónica del Instituto Tecnológico Nacional (INTECNA).
- EL kit didáctico con cubos para encastrar fue el más idóneo de los tres prototipos presentados a los docentes del INTECNA.
- Se concluyó que la impresora Prusa i3 era la que más se ajustaba a los requerimientos del proyecto y se procedió a la implementación de la misma.
- Se determinó, basado en sus características de durabilidad y resistencia, que el plástico ABS era el más idóneo para imprimir los componentes plásticos del kit didáctico.
- El kit didáctico construido es funcional. Esto se determinó mediante rubricas.

3.1.Recomendaciones

- Ya que el filamento plástico representa la mayor parte del costo del kit didáctico de prácticas electrónicas se recomienda buscar alternativas como el reciclaje, lo que podría permitir una reducción significativa del costo de producción.
- En este trabajo monográfico únicamente se tomó en cuenta únicamente los filamentos de ABS Y PLA, por lo cual, se podría indagar sobre otros materiales que aporten mayor resistencia y durabilidad al kit didáctico.
- En caso de que se requiera remplazar uno de los componentes del kit didáctico, se recomienda recurrir a empresas especializadas para la fabricación de la misma. De esta forma se podrá alargar la vida útil del kit didáctico.
- En caso que la institución desee reproducir por sus medios el kit didáctico, se recomienda la construcción de una impresora Prusa i3 de bajo costo.

Bibliografía

- lulzbot*. (2017). Obtenido de <https://www.lulzbot.com/store/printers/lulzbot-taz-6>
- lulzbot*. (2017). Obtenido de https://www.lulzbot.com/sites/default/files/TAZ6Isometric_BuildVolume_0.png
- tecnopackaging*. (2017). Obtenido de http://tecnopackaging.com/tienda/53-thickbox_default/acio-polilactico-pla.jpg
- (2018). Obtenido de [cdn.shopify: https://cdn.shopify.com/s/files/1/0180/7671/files/V6-300-D_medium.png?3495](https://cdn.shopify.com/s/files/1/0180/7671/files/V6-300-D_medium.png?3495)
- e3d-online*. (2018). Obtenido de <https://e3d-online.com/titan-aero>
- e3d-online*. (2018). Obtenido de <https://e3d-online.com/the-e3d-supervolcano>
- e3d-online*. (2018). Obtenido de <https://e3d-online.com/v6-all-metal-hotend>
- e3d-online*. (2018). Obtenido de (<https://e3d-online.com/blog/?p=1212>)
- e3d-online*. (2018).
- jldpvc*. (2018). Obtenido de <http://en.jldpvc.com/wp-content/uploads/2017/10/ABS-1.jpg>
- lulzbot*. (2018). Obtenido de <https://www.lulzbot.com/store/tool-heads/lulzbot-taz-aerostruder-tool-head>
- reprap*. (2018). Obtenido de <https://reprap.org/wiki/Kossel>
- reprap*. (2018). Obtenido de https://reprap.org/wiki/Prusa_i3
- thingiverse*. (2018). Obtenido de https://cdn.thingiverse.com/renders/ba/38/25/34/68/e4f20d6e9acf560dbce1bacde8d178a8_preview_featured.jpg
- Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de Mexico. (2 de Junio de 2017). *cinvestav*. Obtenido de <https://computacion.cs.cinvestav.mx/~acortes/f3d/contenido/02.01.Introduccion.html>
- Chakravorty, D. (27 de Febrero de 2018). *All3dp*. Recuperado el Enero de 2019, de https://all3dp.com/1/cura-tutorial-software-slicer-cura-3d/?fbclid=IwAR1DU4IzjmeOBDOW6TtLL0aYry-4wPKtoRWltsg1CJBX2JWK_IRLsSPHQv0
- Create it Real. (2 de Junio de 2016). *3D printing process (Basic Principle)*. Obtenido de Create it Real: <http://www.createitreal.com/index.php/technology/process>
- EIS. (15 de Mayo de 2017). *EIS*. Obtenido de <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>

- Future Electronics. (2 de Junio de 2017). *Motor Drivers*. Obtenido de Future Electronics:
<http://www.futureelectronics.com/en/drivers/motor-driver.aspx>
- Locker, A. (2017). *all3dp*. Recuperado el 2018, de (<https://all3dp.com/es/1/tipos-de-impresoras-3d-tecnologia-de-impresion-3d/>)
- López, J. E. (2016). Impresora 3D. *Nota del futuro 2/2016*, 17.
- Mark McComb. (2007). Introduction to stepper motors. *Types of Stepper motors* (pág. 49). Arizona: EE.UU.
- Marlin. (25 de Mayo de 2017). *What is Marlin*. Obtenido de Marlin:
<http://marlinfw.org/docs/basics/introduction.html>
- Microchip. (3 de Junio de 2017). *ATmega2560*. Obtenido de Microchip:
<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/ATmega2560>
- QuimiNet. (15 de Mayo de 2017). *quiminet.org*. Obtenido de
<https://www.quiminet.com/articulos/acrilonitrilo-butadieno-estireno-abs-descripcion-propiedades-y-aplicaciones-4433.htm>
- Raphael, B., & Smith, I. C. (2003). *Fundamentals of computer aided engineerin*. John Wiley.
- RepRap. (2017). RAMPS. *RAMPS 1.4*, 1.
- worlcat. (2017). gcode arevised standar for a graph represenntation for funcional programs. *G_Code*, 1.

Anexos

Anexo A: Entrevista a los docentes del dpto. de Electrónica del INTECNA.

Entrevistados

Marlon Barboza-Docente de la asignatura de prácticas electrónicas, INTECNA

Claudia Zepeda, Jefa del departamento de electrónica industrial, INTECNA



Actualmente, ¿Con que medios se desarrollan prácticas de laboratorio de la asignatura Prácticas electrónicas?

Los muchachos la desarrollan con tabla de nodos.

Los medios utilizados, ¿Son los ideales para realizar dichas prácticas?

Consideramos que no.

De no ser así, ¿Cuáles son los inconvenientes que presentan?

Constantemente hay que estar reponiendo los componentes con los que realizan las prácticas ya que se dañan por mala manipulación de parte de los estudiantes. Además, que al momento de revisar el circuito montado por los estudiantes es difícil identificar los errores porque muchas veces lo montan desordenado.

¿Considera usted que un kit didáctico de prácticas electrónicas podría mejorar el desempeño de los estudiantes durante las prácticas de laboratorio?

Por supuesto, nos ayudaría a que los estudiantes desarrollen mejor, y más rápido, las prácticas de laboratorio. Además, permitiría utilizar de manera eficiente los recursos. Optimizaría el tiempo de revisión de parte del docente. De igual manera facilitaría el proceso de enseñanza-aprendizaje.

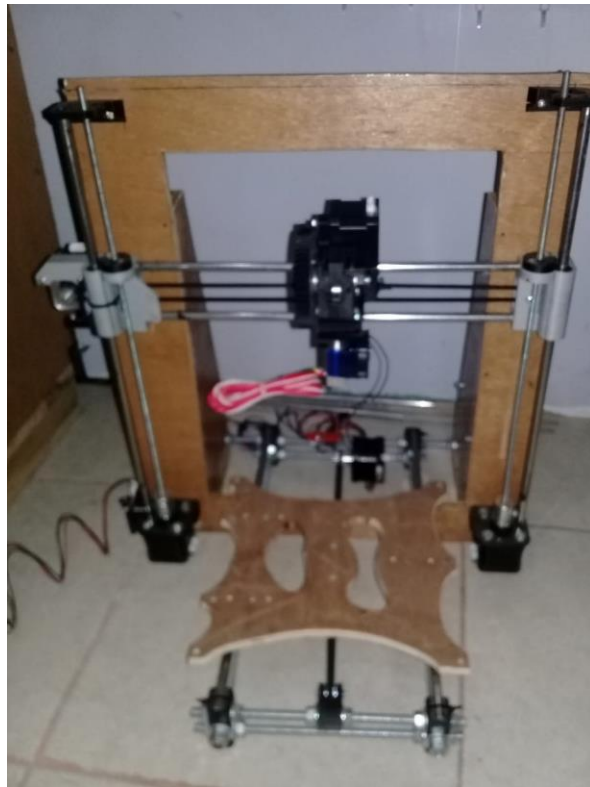
De ser afirmativa su respuesta anterior ¿Con qué características debe contar este kit didáctico de prácticas electrónicas? Enumere

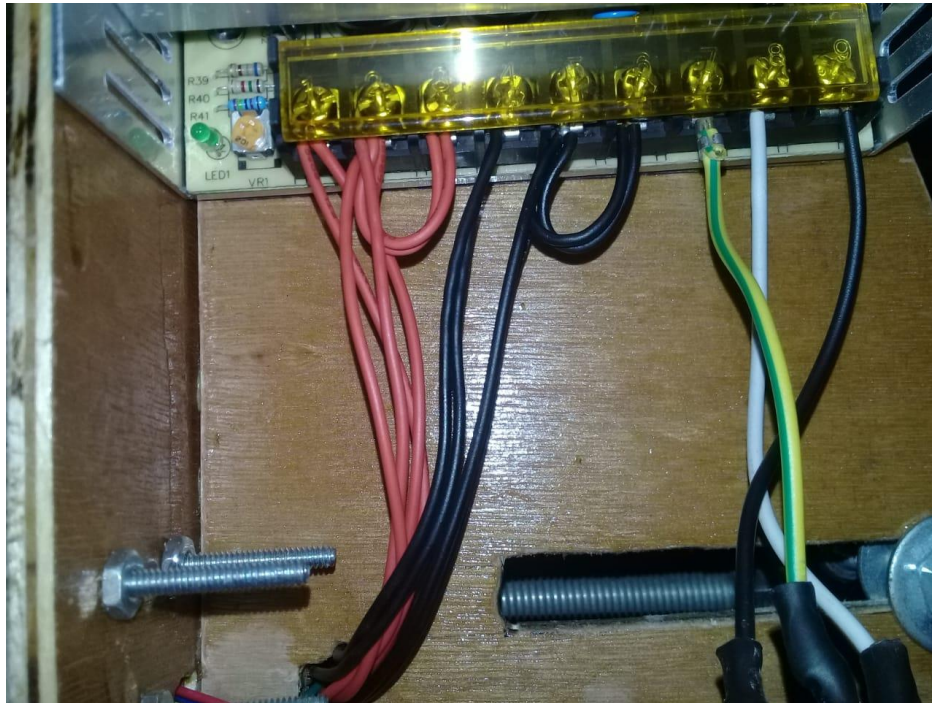
- Que sea fácil para el estudiante realizar las conexiones y realizar las mediciones.
- Que el estudiante no manipule directamente los componentes y si lo hacen sea fácil para él colocarlos en su sitio.
- Resistente y que se puedan reemplazar fácilmente los componentes dañados para que la vida útil sea más larga.
- Que todos los componentes del kit se puedan comprar aquí en Nicaragua y así poder darles mantenimiento.
- Que el costo de reproducción sea asequible para la institución.

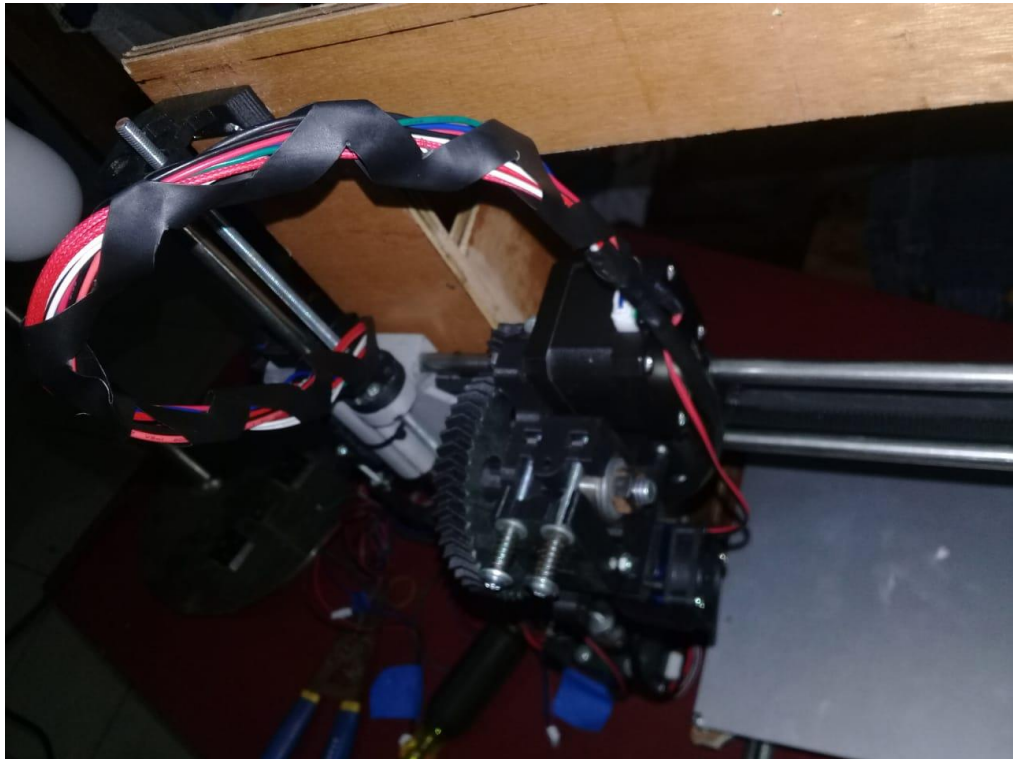
**Anexo B: Lista de guías de laboratorio de la asignatura practicas
electrónicas.**

Numero de practica	Nombre de la practica	Semestre	Año
1	Uso del multímetro Analógico y digital	I	II
2	El osciloscopio de dos canales	I	II
3	característica directa del diodo semiconductor	I	II
4	Rectificador de media onda monofásico	I	II
5	Rectificador de doble onda de toma central	I	II
6	Rectificador de doble onda en puente	I	II
7	Filtro de entrada por condensador	I	II
8	Filtro tipo "π"	I	II
9	Estabilizador de tensión con diodo Zener y BJT	II	II
10	Características de colector del transistor bipolar	II	II
11	el transistor bipolar como interruptor electrónico	II	II
12	Amplificador de audio emisor común	II	II
13	Estudio del tiristor	II	II
14	Control de C.C. con tiristores	II	II
15	Disparo del triac en cuatro cuadrantes	II	II
16	Rectificador de media onda controlado con S.C.R y mando UJT.	I	III
17	Rectificador de doble onda monofase controlado con S.C.R y UJT	I	III
18	amplificador inversor de cc con op-amp 741	I	III
19	amplificador no inversor de cc con op-amp 741	I	III
20	sumador inversor de cc con op-amp 741	I	III
21	comparadores inversor y no inversor sin histéresis con ci 741	I	III
22	comparador inversor con histéresis	I	III

Anexo C: Fotos del proceso de montaje de la impresora Prusa i3.







Anexo D: Rubricas de desempeño.

Primeras rúbrica realizadas con el primer montaje

El kit didáctico es fácil e intuitivo de utilizar					✓	
La base y los cubos del kit didáctico son resistentes				✓		
Funcionan correctamente los componentes electrónicos					✓	
Evita la manipulación de los componentes electrónicos más susceptibles a daño				✓		
Los diagramas esquemáticos están claramente detallados		✓				Etiquetas muestran correctamente el diagrama esquemático pero las mismas se empiezan a despegar por los bordes.
El kit didáctico es funcional					✓	

Segunda rúbricas realizadas con el montaje del Docente Marlon Barboza

Criterios	Desempeño	1	2	3	4	5	Observaciones
El kit didáctico es fácil e intuitivo de utilizar						✓	
La base y los cubos del kit didáctico son resistentes					✓		
Funcionan correctamente los componentes electrónicos						✓	
Evita la manipulación de los componentes electrónicos más susceptibles a daño						✓	
Los diagramas esquemáticos están claramente detallados						✓	
El kit didáctico es funcional						✓	

Anexo E: Acta de conformidad y entrega.

Acta de conformidad y entrega

A través de la presente se hace constar que, los Ingenieros Giovanni Alexander García Cuadra y Víctor Manuel Flores Maradiaga, hacen formal entrega del Kit didáctico de prácticas electrónicas al departamento de Electrónica Industrial del INTECNA integrado por los siguientes elementos:

Nombre	Cantidad
Base para encastrar	1
Cubo componentes de 2 pines	9
Cubo 741 sencillo	1
Cubo 555 sencillo	1
Cubo LDR	2
Cubo potenciómetro	4
Cubo 741 sumador	1
Cubo 741 amplificador inversor	1
Cubo 741 amplificador no inversor	1
Cubo 741 Sustractor	1
Cubo T0220	5
Cubo BJT	5
Cubo <u>coupling</u>	2

Con el fin del buen manejo de este kit, se adjunta un pequeño manual de usuario. También cabe destacar que estamos abiertos ante cualquier modificación del diseño del mismo para realizar futuras versiones así como brindar soporte ante cualquier inconveniente que se presente con su manejo.

Entregan conforme:

Víctor Flores Maradiaga

Giovanni García Cuadra

Recibe conforme:



Claudia Zepeda



Anexo F: Manual de usuario

Manual de usuario: Kit didáctico de prácticas electrónicas.

Especificaciones técnicas:

Material: ABS

Potencia máxima: 50W

Voltaje máximo: 110V

Corriente máxima en etapas de potencia: 450mA

Temperatura de operación: 0°C ~ 35°C


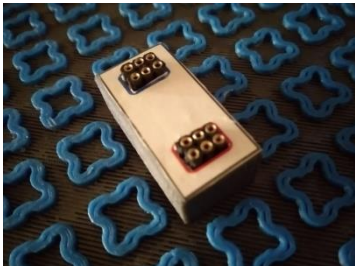
Dimensiones:

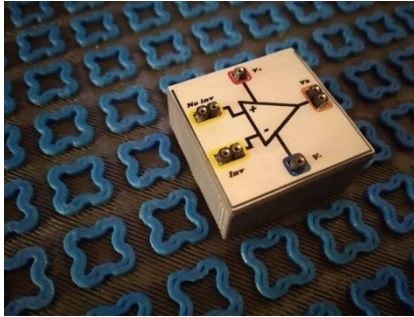
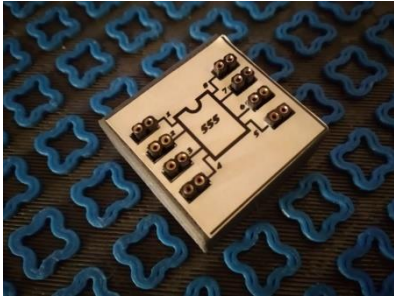
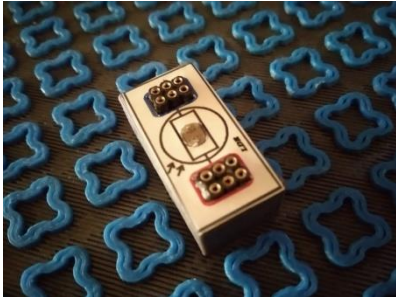
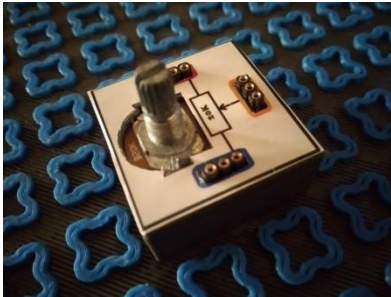
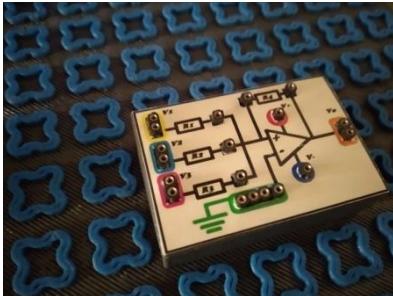
Grosor de las paredes: 2mm

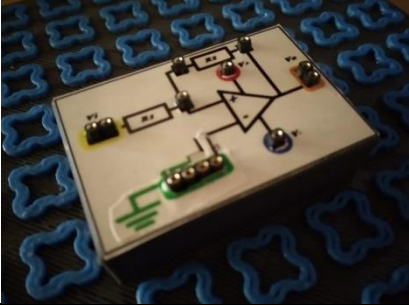
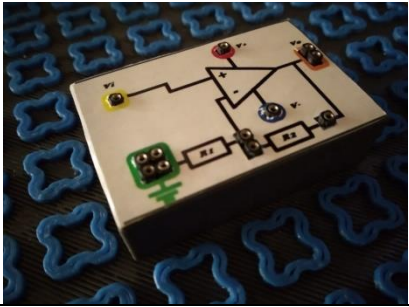
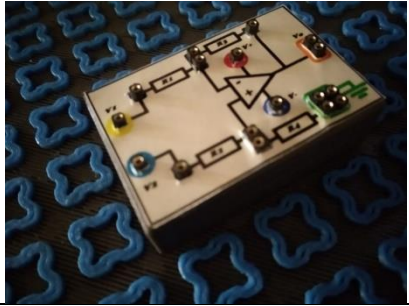
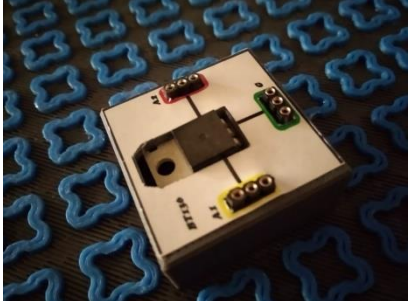
Altura: Cubos de dos pines: 13mm/Resto de cubos: 15mm

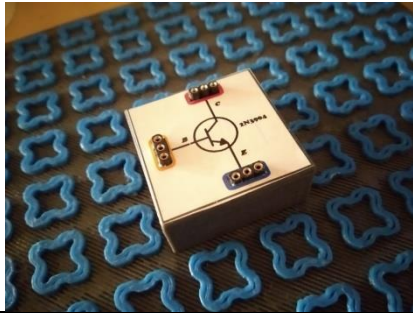
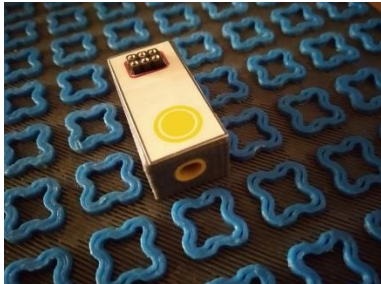
Base: Altura total: 5mm/ 180x180mm

Componentes:

Nombre	Cantidad	Pieza	Descripción
Base para encastrar	1		Dimensiones: 180x180x5mm Diseñada para dar soporte a los cubos.
Cubo componentes de 2 pines	9		Dimensiones: 17.5 x 35 x 13mm. Consta de 12 pines para la conexión de componentes de dos pines y su cableado.

Cubo 741 sencillo	1		Dimensiones: 35x35x15mm Está compuesto internamente por un IC 741. Consta con 8 pines para su conexión.
Cubo 555 sencillo	1		Dimensiones: 35x35x15mm Está compuesto internamente pos un IC 555. Consta de 16 pines para su conexión.
Cubo LDR	2		Dimensiones: 35x17.5x13mm Consta de una LDR de 1M ohm contiene 12 pines para su conexión.
Cubo potenciómetro	4		Dimensiones: 35x35x15mm Consta de un potenciómetro integrado con 9 pines para su conexión.
Cubo 741 sumador	1		Dimensiones: 35x52.5x15mm Consta de un IC 741 internamente configurado como sumador inversor, consta de 11 pines para su conexión y 6 pines para resistores.

Cubo 741 amplificador inversor	1		Dimensiones: 35x52.5x15mm Consta de un IC 741 internamente configurado como amplificador inversor, consta de 9 pines para su conexión y 4 pines para resistores.
Cubo 741 amplificador no inversor	1		Dimensiones: 35x52.5x15mm Consta de un IC 741 internamente configurado como Amplificador no inversor, consta de 8 pines para su conexión y 4 pines para resistores.
Cubo 741 Sustractor	1		Dimensiones: 35x52.5x15mm Consta de un IC 741 internamente configurado como amplificador sustractor, consta de 9 pines para su conexión y 8 pines para resistores.
Cubo T0220	5		Dimensiones: 35x35x15mm Está diseñado para contener componentes con encapsulado To220, tales como SCR, Triac, entre otros, consta de 9 pines para su conexión.

Cubo BJT	5		Dimensiones: 35x35x15mm Compuesto internamente de un transistor BJT tipo PNP o NPN.
Cubo coupling	2		Dimensiones: 35x17.5x13mm Diseñado para conectar la etapa de control hacia la etapa de potencia. Consta de un pin 10 AWG hembra y 6 pines de 2.54m.

Modo de uso:

Los componentes encajan perfectamente sobre la base, colocar de manera firme en una superficie plana sin recurrir al uso excesivo de fuerza, una vez dispuestos los cubos del circuito a desarrollar realice las conexiones, no conecte la alimentación hasta cerciorarse que todo esté bien conectado y no haya ningún cortocircuito. Puede colocar los cubos en la posición que desee, excepto uno al lado del otro.

Almacene en un lugar fresco y seco. Evite la exposición directa al sol. Este Producto es inflamable, evite la proximidad del mismo a fuentes de calor.