

“Diseño de controlador empleando sistema Arduino para posicionamiento de cabezal de impresión de tres dimensiones, ejemplo de aplicación utilizando prototipo de impresora 3D”

Eric Marín⁽¹⁾, César Marín⁽²⁾, Carlos valdivieso⁽³⁾
Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
elmarin@espol.edu.ec⁽¹⁾, cmarin@espol.edu.ec⁽²⁾, cvaldiv@fiec.espol.edu.ec⁽³⁾

Resumen

En el siguiente artículo se presenta el diseño de controlador empleando sistema arduino para posicionamiento de cabezal de impresión de tres dimensiones, en una plataforma de hardware y software libre, basada en una placa con un microcontrolador y un entorno de desarrollo arduino, presentando detalladamente las herramientas que se utilizaran para la descripción y la implementación del proyecto con sus respectivos diagramas de bloques, explicando paso a paso el funcionamiento de cada uno de los componentes. Se realizaran pruebas y simulaciones para su respectivo análisis en base de los resultados obtenidos en las diferentes etapas. Se procederá a las configuraciones y modificaciones respectivas, las cuales serán necesarias para la calibrar el sistema de posicionamiento de la impresora 3D.

Palabras Claves: Arduino, microcontrolador, sistema de posicionamiento, impresora 3D.

Abstract

The following article presents the design of a controller using the Arduino system for positioning the three dimensional printing head in a platform of free hardware and software, based on a board with a microcontroller and an environment of Arduino development, presenting in detail the tools to be used for the description and the implementation of the project with its corresponding block diagrams, explaining step by step the functioning of each of the components. Trials and simulations will be done for the corresponding analysis based on the results obtained in the different stages. The corresponding configurations and modifications shall be done, which will be necessary to calibrate de positioning system of the 3D printer.

Key words: Arduino, microcontroller, positioning system, 3D printer.

1. Introducción

Impresión 3D es una forma de tecnología de fabricación aditiva donde un objeto tridimensional es creado mediante sucesivas capas de material. También se conoce como creación rápida de un prototipo. Es un proceso mecanizado mediante el cual los objetos se hacen rápidamente en una máquina de tamaño razonable conectado a un ordenador que contiene los puntos trazados del objeto.

El concepto de fabricación de impresión 3D se ha convertido en un proceso interesante para casi todo el mundo, es un método revolucionario para la creación de los modelos tridimensionales con el uso de la tecnología de extrusión de plástico la cual nos ayudará en el ahorro de tiempo y costo mediante la eliminación

de la necesidad de diseñar, imprimir y pegar partes de modelos separados.

Ahora, se puede crear un modelo completo en un solo proceso a partir de datos digitales, estos modelos físicos bien pueden ser diseñados con un programa CAD o escaneadas en un equipo 3D. Por su facilidad de diseño y versatilidad puede ser utilizada en una variedad de industrias, incluyendo la joyería, calzado, arquitectura, ingeniería y construcción, automotriz, aeroespacial, la industria dental y médica, la educación y los productos de consumo [2].

2. Fundamento teórico

En este capítulo, se especifica detalladamente las herramientas de hardware y software que se utilizará, también se describirá los componentes que dispone el equipo de la impresora Prusa.

Como se muestra en la [Fig. 2.1] describe la impresora 3D con todas sus partes y dispositivos que consta en ella. La impresora consta de 5 motores, uno para el movimiento del eje x, uno para el eje Y, dos para el eje z y uno para el extrusor, cuya función es enviar material a a la boquilla de extrusión. También hay 3 sensores de fin de carrera para su protección y fijar un punto de referencia de nuestro sistema.

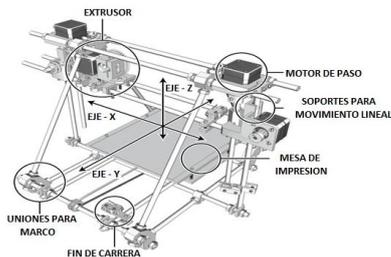


Figura 2.1. Esquema sencillo de la impresora 3D

RepRap Arduino Mega Pololu Shield (RAMPS) [13]. Está diseñada para adaptarse a la electrónica en un pequeño paquete, las RAMPS [Fig. 2.2] consta de un diseño modular con gran margen para posibles expansiones, la ramps es una interfaz entre la Arduino y la impresora.

Las conexiones electrónicas son sencillas para la Prusa o cualquier otra impresora 3D que utilice RAMPS. Todos los elementos que necesitan algún tipo de conexión (motores, sensores) se conectan a la placa RAMPS en el lugar designado en los pines de salida [10].

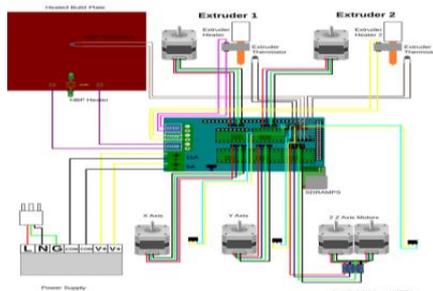


Figura 2.2. Esquemático conexiones de la ramps

Arduino [Fig. 2.3] es una plataforma open-hardware basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, y con un microcontrolador (Atmega168, Atmega328, Atmega1280, ATmega2560 que depende del tipo de Arduino) y un entorno de

Desarrollo integrado (IDE) [16], diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinares. Por otro lado el software consiste en un entorno de desarrollo que implementa el lenguaje de programación Processing/Wiring y el cargador de arranque (boot loader) que corre en la placa [17].

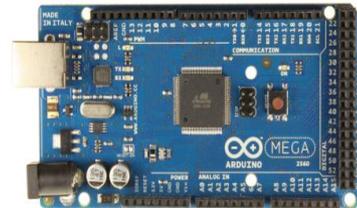


Figura 2.3. Tarjeta Arduino Mega

El Pronterface es un software que nos permite acceder directamente a la configuración del programa [Fig. 2.4], para editar y calibrar las impresiones. Tiene un entorno gráfico que nos permitirá manipular los ejes de nuestra impresora, calentar el extrusor Y monitorear la temperatura permanentemente, cambiar la velocidad de transmisión de datos y comenzar impresiones a partir del Gcode de la figura 3D.

Pronterface permite cargar archivos Gcode, que se podrán imprimir directamente, pero también permite cargar archivos en formato STL; en ese caso, se conecta directamente al software de creación de archivos Gcode, genera automáticamente dicho archivo cargándolo y guardándolo, en el propio Pronterface para que podamos imprimirlo cuando queramos.

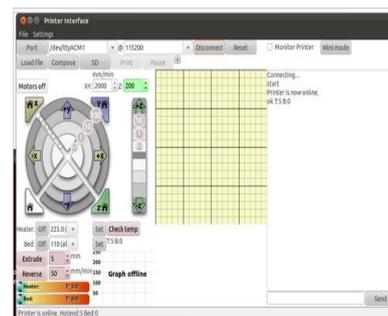


Figura 2.4. Software de comunicación

3. Ejercicios previos y realización del proyecto

En el siguiente capítulo se presenta un conjunto de ejercicios utilizados para relacionarnos con el microcontrolador ATmega2560 de la plataforma Arduino, y el control de los motores de paso para el posicionamiento del cabezal de impresión 3D.

3.1 Comunicar la placa Arduino y la Pc

En este ejemplo veremos cómo configurar la comunicación de la placa Arduino y el entorno de desarrollo (IDE). Para ello deberemos abrir el menú “Herramienta” la opción “Puerto Serial” (Fig. 3.1). En esta opción deberemos seleccionar el puerto serie al que está conectada nuestra placa [19]. Si desconocemos el puerto al que está conectada nuestra placa, en Windows podemos descubrirlo a través del administrador de dispositivos.

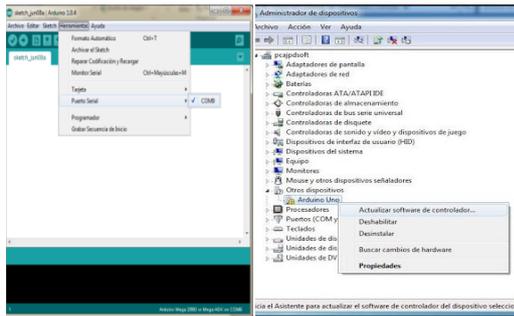


Figura 3.1. Puerto serial en Arduino y PC

3.1.1. Ejemplo BLINK

El funcionamiento del ejemplo “Blink” el cual hará parpadear un LED que está colocado en el pin número 13 de la placa, este procedimiento se lo realiza para hacer la comprobación de la comunicación.

3.1.2. Diagrama de bloques



Figura 3.2. Diagrama de bloques del ejemplo “Blink”

3.2 Control de Intensidad de Luz mediante PWM

En este ejemplo se desarrollara el control de intensidad de luz por medio de PWM, simulando el encendido mediante la representación de 4 led’s de diferentes colores, los cuales cambiarán su intensidad de iluminación en un período determinado de tiempo [20].

Se conectarán los LEDs con el ánodo de cada uno de los pines digitales 2, 4, 6 y 8 a través de una resistencia de 330Ω cada uno. Tomamos un cable de puente desde GND de la Arduino para el carril de tierra en la parte superior de la placa de prueba; un cable de tierra va desde el cátodo de cada LED para el carril de tierra común a través de una resistencia.

3.2.1. Diagrama de bloques



Figura 3.3. Diagrama de bloques del control de intensidad de luz mediante PWM

3.3. Control de Posición de Motores de Paso mediante Driver L293D

En este ejemplo vamos a ver el Control de dirección de giro de dos motores paso a paso, que simulará una aplicación real de una banda transportadora y selladora de botellas, para lo cual utilizamos el driver de potencia basado en un L293D.

3.3.1. Diagrama de bloques

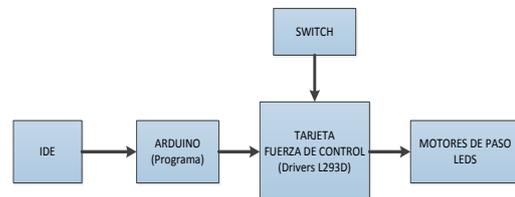


Figura 3.4. Diagrama de bloques del control de posición de motores

3.4. Control de posición de cabezal de impresión de tres dimensiones

La realización de este proyecto se basa en el control y manejo de los motores de paso de la impresora 3D, con el propósito de crear objetos tridimensionales, mediante la superposición de capas de material PLA o ABS empleando un sistema con arduino y p ronterface que es un interfaz de visualización e iteración con el usuario [10].

Para implementación del proyecto se hará uso de un programa que se cargara en el arduino, el cual por medio del interfaz que permite la transmisión y recepción de datos para el control de los diferentes motores de la impresora Prusa, es necesario conocer el funcionamiento del sistema de impresión 3D, por lo cual se explicará en forma detallada y estructurada el proceso para generar un pieza utilizando nuestra tarjeta arduino [12].

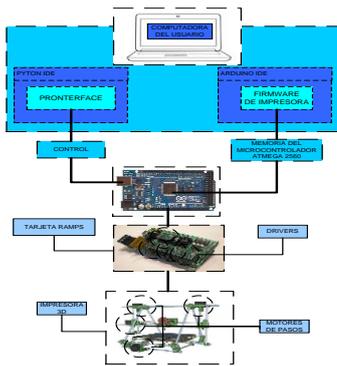


Figura 3.5. Partes de la impresora Prusa

Los primeros pasos en el desarrollo del proyecto es la instalación del entorno de desarrollo integrado (IDE) de arduino 1.1 en la PC, luego cargamos el firmware (Marlin) y se procede hacer los cambios en la configuración para adaptar la tarjeta arduino al sistemas, unos de los cambio se basó en la velocidad de comunicación que se tiene en el pronterface y el firmware, por las pruebas realizadas de comunicación e impresión, se aconseja utilizar la máxima velocidad de comunicación de transmisión de datos de 250000 BAUDRATE.

```
# Define BAUDRATE 250000
// Define BAUDRATE 115200
```

Por requerimientos de la tarjeta se procedió hacer el cambio de los sensores ópticos fin de carrera por los sensores mecánicos, debido la diferencia de lógica de los sensores en el programa, se procede al cambio de la logica TRUE por FALSE en definición de variables para los finales de carrera.

```
Const bool X_ENDSTOP_INVERT = false;
Const bool Y_ENDSTOP_INVERT = false;
Const bool Z_ENDSTOP_INVERT = false;
```

Con los cambios realizados procedemos a cargar el firmware en el arduino como se describió en el capítulo anterior ver fig. 3.17, luego procedemos a comunicar el pronterface con el arduino mega ver fig. 3,18, para verificar si está funcionando correctamente, se accede a las aplicaciones de pronterface y verificamos los movimientos del cabezal en los ejes (x,y,z), el funcionamiento del extrusor y la temperatura del cabezal.

3.4.1. Diagrama de bloques

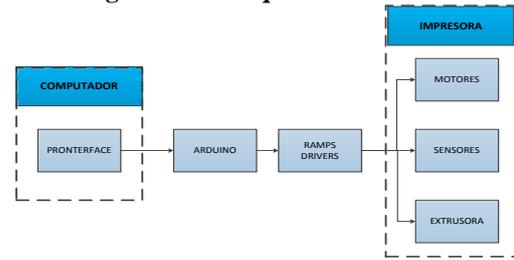


Figura 3.6. Diagrama de la implementación de la impresora

4. Implementación ejercicios de prueba y simulación del proyecto

En este capítulo se muestra los diagramas de conexiones de cada uno de los ejercicios realizados y detallados en el capítulo anterior, se presenta el listado de materiales necesarios para cada ejercicio con su respectiva ilustración gráfica.

Las simulaciones correspondientes de cada ejercicio también forman parte de este capítulo, con el objetivo de observar que la transmisión de datos mediante comunicación del Arduino y la Pc sea realizada en forma correcta.

Los diagramas de conexiones son basados en las hojas de datos esquemáticos del microcontrolador ATmega2560 de la plataforma Arduino. Estos diagramas han sido diseñados bajo nuestra creatividad luego de estudiar físicamente e identificar las entradas y salida que cuenta dicha tarjeta. La simulación y realización de esquemáticos de los ejemplos fue realizada en fritzing, programa diseñado para la elaboración de esquemáticos [10].

4.1. Comunicar la placa Arduino y la Pc

La finalidad de este procedimiento básico esencial, es para involucrarnos en el entorno de arduino, realizando la comunicación de la placa arduino y la pc como se muestra en la figura 4.2 y afianzarnos antes de la implementación del proyecto.

En este ejercicio nuestro principal objetivo es analizar la comunicación entre la tarjeta Arduino Atme2560 y la Pc utilizando el entorno de desarrollo (IDE) versión 1.0.4, para lo cual aprovechamos el LED que está colocado en el pin número 13 de la placa [20].

Para la transmisión hacemos uso del cable USB para conectar la placa y la Pc, el cual nos ayudará a cargar el ejemplo “blink”. El ejemplo está diseñado para enviará una señal al pin 13 y gracias al encendido del led de la tarjeta podemos observar que se realiza la comunicación de manera óptima.

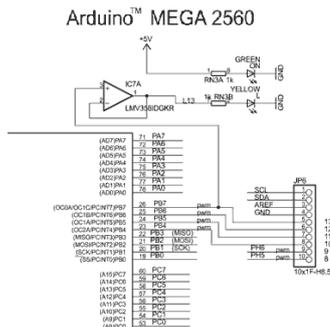


Figura 4.1. Diagrama interno de la tarjeta led pin 13

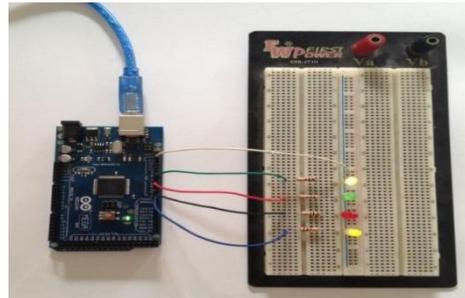


Figura 4.4. Intensidad luminosa de leds mediante PWM.

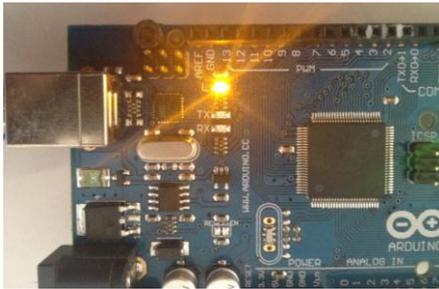


Figura 4.2. Comunicación la placa Arduino y la Pc

4.1.4. Observaciones

Al realizar la comunicación con la placa de arduino, procedimos a cargar el ejemplo blink y se puede observar que led L del pin 13 comienza a parpadear a cada segundo, comprobando la correcta comunicación que se llevó acabo en este procedimiento.

4.2. Control de Intensidad de Luz mediante PWM

El desarrollo de este ejercicio tiene como propósito familiarizarnos con las entradas/salidas digitales que cuenta el Atmega2560 de las cuales emplearemos las salidas digitales que pueden ser utilizadas para PWM de la tarjeta e interactuar con las diferentes funciones que esta nos ofrece.

El funcionamiento consiste en el control de la intensidad luminosa de leds, los cuales aumentarán y disminuirán su intensidad de luz de forma secuencial.

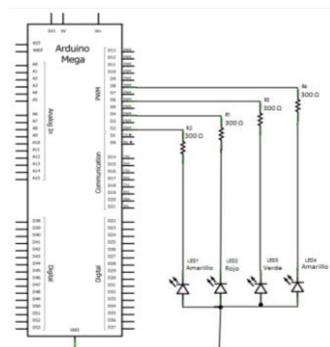


Figura 4.3. Diagrama de conexiones para el control de intensidad de leds usando la tarjeta ATmega2560.

4.2.4. Observaciones

Al ejecutar el programa cargado en el microcontrolador, se observa el cambio de intensidad de los leds como se muestra en la figura 4.4 se aprecia un incremento de intensidad hasta su máxima luminosidad y también haciendo y su descenso hasta mínima intensidad en forma individualmente y luego de forma conjunta.

4.3. Control de Posición de Motores de Paso mediante Driver L293D

En este ejercicio de simulación, es implementado mediante 2 motores de paso y 2 leds para la respectiva simulación, haciendo uso de la tarjeta ATMEGA2560 y la tarjeta de fuerza diseñada para los motores y leds [24].

El ejercicio se basa fundamentalmente en la realización de dos movimientos simulando el movimiento de una banda transportadora y una selladora de tapas de botellas.

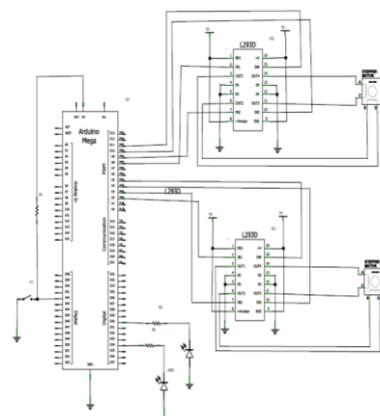


Figura 4.5. Diagrama de conexiones para el control de posición de motores de paso usando la tarjeta ATmega2560.

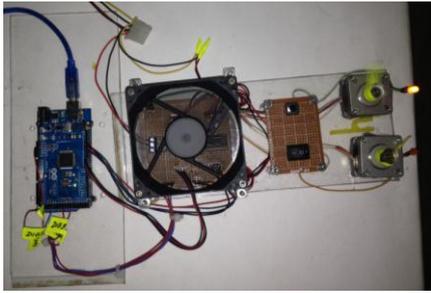


Figura 4.6. Motor que simula el movimiento de una banda transportadora.

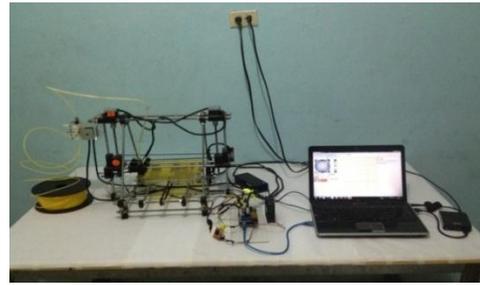


Figura 4.8. Implementación completa del sistema

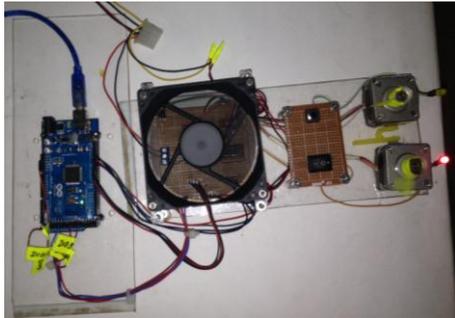


Figura 4.7. Motor que simula el movimiento del equipo selladora de botellas

El proceso de creación de la pieza como se muestra en la figura 4.9 el software crea un código mediante capas. Y también calcula el tiempo que demorará en hacer la impresión, eso dependerá del acabado que se desee por ejemplo, el relleno, detalle de los bordes internos y externos. Con la finalidad de tener una buena resolución del objeto.

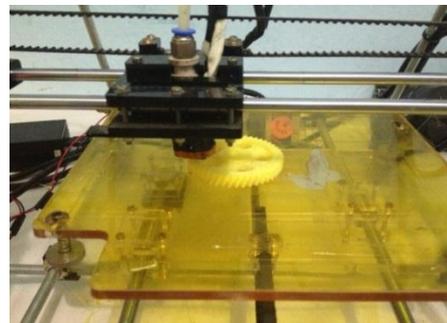


Figura 4.9. Última capa de impresión

4.3.4. Observaciones

El comportamiento de este ensayo se muestra en las figuras 4.6 y 4.7, las cuales nos permiten observar la secuencia de control de los dos motores de paso. Este tipo de control se basa en la activación de bobinas, motivo por el cual es necesario saber la distribución de los cables a los bobinados establecidos en la hoja de datos de los motores o averiguarlo mediante inspección.

El ejemplo de la figura 4.10 se llevó alrededor de 90 min en culminar su elaboración, por los detalles que tiene en los bordes internos y externos, hace que reduzca su velocidad y tome un poco más de tiempo. Pero tendremos una impresión de gran calidad como se muestra en la figura 4.10.

4.4. Control de Cabezal de Impresión para Elaboración de Objetos en Tres Dimensiones

El objetivo principal del proyecto es en lograr el correcto posicionamiento del cabezal de impresión empleando un control en la plataforma arduino, en este capítulo desarrollaremos un ejercicio con la finalidad de familiarizarnos con el entorno del interfaz gráfica de pronterface.



Figura 4.10. Impresión terminada de la rueda dentada.

Para el desarrollo del ejercicio es importante obtener la imagen de impresión para procesarla en el programa para la generación del código que es enviado a la tarjeta arduino como se muestra en la figura 4.8.

5. CONCLUSIONES

Basado en lo expuesto anteriormente en esta tesina podemos obtener las siguientes conclusiones:

1. La gran mayoría de los datos, mejoras y consejos que hemos propuesto a lo largo de este proyecto han sido fruto de la investigación y experiencia obtenida en estos últimos meses, experiencia que hemos adquiridos gracias al trabajo de montaje, impresión, mantenimiento y reparación de las impresoras 3D prusa DIY serie V06-0702 que disponemos en la Universidad, así como el montaje, calibración y mantenimiento de mi propia impresora 3D modelo Prusa Mendel.
2. Los microcontroladores de los fabricantes ATmega son de una máxima utilidad para el control de motores y otras funciones debido a que tiene una elevada capacidad de almacenamiento, y también en la transmisión y recepción de datos y su sencilla programación, teniendo una gama de utilidades en diferentes campos de estudios.
3. Mediante la implementación de los ejercicios y el proyecto pudimos comprender y tener una visión más amplia acerca del funcionamiento de los microcontroladores ATmega2560 y de los motores de paso, así como la forma en que se realiza la comunicación entre la tarjeta y proterface.
4. En general, la aplicación de microcontroladores en la impresión 3D se encuentra innovando y cambiando constantemente, y cada vez podemos observar nuevos modelos con mayores capacidades. Para cumplir con los parámetros de impresión, podemos concluir que el arduino que ha sido objeto de estudio en esta tesina es una herramienta con gran ventaja para desarrollar objetos autónomos e interactivos, capaz de comunicarse con software instalado en un computador como proterface, Dada su rápida curva de aprendizaje y su bajo precio constituye una herramienta ideal para estudiantes, maestros, diseñadores y cualquier interesado en electrónica y robótica.

6. RECOMENDACIONES

Las recomendaciones del proyecto son las expuestas a continuación:

1. Después de ensamblar la impresora se requiere una calibración en el eje que mantiene al motor X,Y y Z. También en el plato base de la impresora, es necesario realizar este procedimiento por las dificultades que se

podría obtener al crear un objeto.

2. Se recomienda chequear las tarjetas como la ramp y de los drivers físicamente antes de su instalación para verificar que se encuentren en un buen estado para su funcionamiento. Después realizar su respectiva calibración para limitar su corriente y frecuencia para los motores.

3. Mediante el desarrollo de un ejercicio de prueba, los driver llegaron un nivel de temperatura elevada, fue necesario adaptar un ventilador de mayor fuerza.

4. Para la conexión y uso de los pines de la tarjeta arduino es necesario revisar cada uno de pines y verificar qué pines se encuentran reservados por el programa, qué pines pueden ser usados como I/O y qué pines sirven para funciones específicas, además se requiere verificar que se encuentren correctamente conectados los puertos de la tarjeta para asegurar el correcto funcionamiento del sistema.

7. REFERENCIAS

- [1] M. McRoberts, Beginning Arduino, Primera Edición, 2010.
- [2] T. D. Gauray Tyagi, «NIC-Muzaffamagar, UP, 3D Printing Technology,» [En línea]. Available: , <http://123seminarsonly.com/Seminar-Reports/2013-02/83204431-3D-Printing-Technology.pdf>. [Último acceso: marzo 2013].
- [3] D. Girardo B. y I. Tabares G., Teoría de Control, Primera Edición, 1997.
- [4] T. Olsson, D. Gaetano, S. Wiklund y J. Odhner, Open Softwear, Segunda Edición, 2011.
- [5] S. Mateo, «Impresoras 3D, la nueva revolución tecnológica,» [En línea]. Available: <http://sergimateo.com/impresoras-3d-la-nueva-revolucion-tecnologica/>. [Último acceso: marzo 2013].
- [6] «Revista Letreros N°92 - Impresoras 3D, tecnología de avanzada al alcance de la industria nacional,» [En línea]. Available: <http://www.revistaletreros.com/pdf/92-052a056.pdf>. [Último acceso: abril 2013].
- [7] M. P. Groover, Fundamentos de Manufactura Moderna, McGraw Hill - Primera Edición, 2007.
- [8] R. V. 29, Impresora de tipo RepRap, Cambridge University Press 2011, 2013.
- [9] J. Floyd Kelly y P. Hood-Daniel, Printing in Plastic: Build Your Own 3D Printer, 2011.
- [10] Hernández Bello y Ochoa Luna, «Sección de motores de paso,» de *Motor de Paso*, Primera Edición, 2004.

- [11] «Impresoras 3D,» [En línea]. Available: <http://www.impresoras3d.com/la-cabeza-de-impresion-tf3d>. [Último acceso: abril 2013].
- [12] Allegro, «Data sheet description,» Microsystem, Inc, [En línea]. Available: <http://www.electronicaembajadores.com/datos/pdf1/sm/smci/a4988.pdf>. [Último acceso: 26 marzo 2013].
- [13] [En línea]. Available: reprap.org, <http://reprap.org/wiki/RAMPS>. [Último acceso: 27 marzo 2013].
- [14] J. C. Rico, F. Ros y A. Serna Ruiz, Guía práctica de sensores, Primera Edición, 2010.
- [15] J.-D. Warren, J. Adams y H. Molle, Arduino Robotics, Primera Edición, 2011.
- [16] J. Pomares, Manual de programación de Arduino, Universidad de Alicante, 2013.
- [17] S. Monk, Programming arduino, getting started with sketches, Mcgraw hill, 2012.
- [18] T. Olsson, Arduino Wearables, Primera Edición, 2009.
- [19] J. Purdum, Beginning C for Arduino: Learn C Programming for the Arduino, Primera Edición, 2012.
- [20] D. Wheat, Arduino Internals, Primera Edición, 2011.
- [21] S. F. Barrett, Arduino Microcontroller: Processing for Everyone, Primera Edición, 2012.
- [22] B. Evans, Practical 3D Printer, Primera Edición, 2011.
- [23] G. Borenstein, Making Things See: 3D Vision with Kinect, Processing, Arduino, and MakerBot, Primera Edición, 2012.
- [24] M. Böhmer, Beginning Android ADK with Arduino, Primera Edición, 2012.
- [25] E. Ramos Melgar y C. Castro Diez, Arduino and Kinect Projects: Design, Build, Blow Their Minds, Primera Edición, 2012.
- [26] Hernandez Bello y Ochoa Luna, Motor de Paso, Primera Edición, 2004.