

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ESCÁNER 3D DE SENSOR INFRARROJO

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A 3D SCANNER WITH INFRARED SENSOR

Perez-Escamilla, Javier^a, Mendoza-Guzmán, Lorena^b, Cruz-Pérez, Sergio^c.

^{a,b,c} Tecnológico Nacional de México. ITS / del Occidente del Estado de Hidalgo, División de Ingeniería en Sistemas Computacionales. Paseo del Agrarismo 2000, Carr. Mixquiahuala - Tula, Km 2.5. Mixquiahuala de Juárez, Hidalgo, C.P.42700, Correo electrónico: * javierperez@itsoeh.edu.mx

RESUMEN. De acuerdo a datos de BBVA, la industria de la impresión 3D representó en el 2020 16, 000 millones de dólares y se espera que para el 2025 alcance los 25,000 millones. Los ámbitos de aplicación van desde la industria automotriz hasta el desarrollo de prótesis médicas. Herramientas de diseño, optimización y captura se desarrollan a pasos vertiginosos. En este sentido, el obtener imágenes de piezas, de pequeñas a grandes, se soporta generalmente en un escáner de 3D. Estos se pueden categorizar por el tipo de sensor, que incluyen desde cámaras, láser o emisores/receptores infrarrojos. Las placas de desarrollo, como Arduino, Raspberry o ESP32 permiten implementar prototipos de bajo costo y su ecosistema es amplio en accesorios. En este trabajo detallamos el desarrollo un escáner de puntos, utilizando como base la impresión de partes en una impresora ELEGOO Neptune 3 usando PETG y ABS, el software de diseño AutoDesk, software de impresión Ultimaker Cura y un sensor infrarrojo como dispositivo de captura. Un método simple de aproximación del cálculo de la distancia es implementado para la captura y generación de una nube de puntos de la pieza escaneada.

Palabras clave: Diseño 3D, Digitalización, Fabricación aditiva.

ABSTRACT. According to BBVA data, the 3D printing industry represented in 2020 16, 000 million dollars and is expected to reach 25,000 million by 2025. Application areas range from the automotive industry to the development of medical prostheses. Design, optimization and capture tools are developing at breakneck speed. In this regard, imaging of parts, from small to large, is generally supported by a 3D scanner. These can be categorized by sensor type, ranging from cameras, lasers or infrared emitters/receivers. Development boards, such as Arduino, Raspberry or ESP32 allow low cost prototypes to be implemented and their ecosystem is wide in accessories. In this paper we detail the development of a point scanner, using as a basis the printing of parts on an ELEGOO Neptune 3 printer using PETG and ABS, AutoDesk design software, Ultimaker Cura printing software and an infrared sensor as a capture device. A simple distance calculation approximation method is implemented for capturing and generating a point cloud of the scanned part.

Key words: 3D Design, Digitization, Additive Manufacturing.

INTRODUCCIÓN

La impresión 3D se ha venido consolidando desde el 2019 cómo una opción real y funcional, de acuerdo a datos financieros, representando un valor de mercado de 13,000.00 a 25,000.00 millones de dólares.¹

Gartner señala el crecimiento continuo de la fabricación aditiva y la impresión 3D en diversas aplicaciones, con un enfoque especial en la impresión 4D y su capacidad para transformar materiales de manera dinámica. Se destacan los beneficios del uso de la tecnología en el sector médico y la fabricación en metal en la industria.²

Dos técnicas de fabricación se diferencian en la actualidad: la adictiva, que es la que se realiza

mediante capas de material de un modelo digital y combinando varias piezas que son el producto final; y la sustractiva, donde se crea el producto retirando material de un bloque.³

El sensor infrarrojo obtiene mejores resultados que el sensor ultrasónico al adquirir la nube de puntos del contorno de un objeto, al utilizar una estructura de base fija con barrido circular. Para este tipo de resultados, el modelo mejora con objetos con contornos circulares y sin presencia de ángulos, los mejores resultados se obtienen con una distancia de separación de 10 cm a 15 cm entre el objeto y el sensor y con un desplazamiento circular de 0.6° entre cada medición para así disminuir la cantidad de espacios vacíos y puntos falsos. El barrido lineal se estila cuando el elemento contiene muchos vértices.⁴

Se destaca la diferencia fundamental entre las placas de desarrollo (Development Boards) y las placas de evaluación (Evaluation Boards/Kit). Las Development Boards, como Arduino y Raspberry Pi, son herramientas diseñadas para validar y prototipar dispositivos electrónicos en maquetas o pruebas de laboratorio. A pesar de su popularidad y versatilidad, su objetivo principal es ser herramientas de prototipado electrónico para educación de makers, estudiantes y personas con conocimientos técnicos básicos de programación. A menudo, estas placas no deben usarse como componentes finales en productos comerciales debido a varias razones, como el aumento del costo por unidad, el tamaño del dispositivo, la falta de profesionalismo, el consumo de energía innecesario y la falta de robustez y confiabilidad.⁵

Se destaca la diferencia fundamental entre las placas de desarrollo (Development Boards) y las placas de evaluación (Evaluation Boards/Kit). Las Development Boards, como Arduino y Raspberry Pi, son herramientas diseñadas para validar e implementar dispositivos electrónicos en maquetas o pruebas de laboratorio. A pesar de su popularidad y versatilidad, su objetivo principal es ser herramientas de prototipado electrónico para educación de makers, estudiantes y personas con conocimientos técnicos básicos de programación.⁶

Es una opción ideal para proyectos de impresoras 3D y maquinaria CNC debido a su precisión en el movimiento y facilidad de control. Cumple con el estándar Nema 17 en cuanto a su tamaño, lo que lo hace compatible con una amplia gama de proyectos CNC y 3D diseñados para motores que se ajusten a este estándar. Se trata de un motor bipolar con un ángulo de paso de 1.8 grados (lo que equivale a 200 pasos por vuelta) y cada bobinado tiene una corriente nominal de 1.7 amperios, permitiendo un torque máximo de hasta 4 kg/cm.⁷

El shield MicroSD permite la conexión de tarjetas MicroSD a microcontroladores como Arduino, facilitando el almacenamiento y recuperación de datos en dispositivos electrónicos. Al utilizar la interfaz SPI estándar y funcionar con una fuente de alimentación de 4.5 a 5.5 voltios, proporciona

compatibilidad con una amplia gama de microcontroladores y asegura una comunicación eficaz entre la tarjeta MicroSD y el sistema. El material de construcción es PCB, que es común en dispositivos electrónicos debido a su durabilidad y capacidad para albergar componentes electrónicos de manera segura y eficiente.⁸

Meshlab es un programa que permite el procesamiento rápido de nubes de puntos (hasta 100 millones de puntos) y la exportación resultantes a archivos externos. en diferentes formatos.⁹

Se presentan los sensores de distancia infrarrojos y se muestra cómo utilizar el modelo Sharp GP2Y0A21 con Arduino. Los sensores infrarrojos son dispositivos que utilizan un emisor y un receptor de infrarrojos para calcular el tiempo de vuelo de la luz y determinar la distancia a la que se encuentra un objeto. A diferencia de los sensores ultrasónicos, los sensores infrarrojos son más precisos y no se ven afectados por las variaciones de temperatura ambiente.¹⁰

La placa del controlador de motor paso a paso bipolar DRV8825, ofrece diversas funciones como limitación de corriente ajustable, protección contra sobrecorriente y sobretemperatura, y hasta seis resoluciones de micropasos (hasta 1/32 de paso). Puede funcionar en un rango de voltaje de 8.2 V a 45 V y proporcionar aproximadamente 1.5 A por fase sin necesidad de un disipador de calor o flujo de aire forzado (puede alcanzar hasta 2.2 A por bobina con suficiente enfriamiento adicional).¹¹ El cálculo de la corriente de activación se da bajo la siguiente ecuación:

$$I_{FS} = \frac{xVREF(V)}{5 * R_{SENSE}(\Omega)} \quad \text{Ec. 1}$$

1. Dónde I_{FS} , es la corriente de escala completa establecida para la corriente máxima impulsada a través de cualquiera de los devanados.
2. $xVREF$ es el voltaje análogo.
3. R_{SENSE} , es la resistencia de sensado del circuito.

4. Con una resistencia de sensado de .1 ohms y una corriente máxima de 1.2 amps, el voltaje de referencia será de 0.6 Volts.

La placa de conexión para el controlador de motor paso a paso bipolar DVR4988 se usa como elemento central directo en muchas aplicaciones. Funciona con voltajes de 2.5 V a 10.8 V, lo que es ideal para motores que requieren voltajes bajos. Puede suministrar continuamente hasta aproximadamente 1.5 A por fase sin necesidad de un disipador de calor o flujo de aire forzado (hasta 2 A en picos). La placa cuenta con limitación de corriente ajustable, protección contra sobrecorriente y sobretemperatura, y ofrece hasta seis resoluciones de micropasos (hasta 1/32 de paso). Se envía con pines de cabeza macho de 0.1 " incluidos pero no soldados.¹²

El Arduino Nano es un pequeño y completo tablero basado en el ATmega328. Es similar en funcionalidad al Arduino Duemilanove pero en un paquete más compacto. A diferencia del Duemilanove, carece de un conector de alimentación de CC y utiliza un cable USB Mini-B en lugar de uno estándar para la conexión. A pesar de estas diferencias, el Nano ofrece la misma capacidad de programación y es amigable para los usuarios.¹³

Proteus VSM es un sistema de diseño electrónico que permite la simulación analógica, digital o mixta de circuitos. Ofrece interactividad con los componentes del circuito, mostrando su comportamiento en tiempo real a través de animaciones. Además, proporciona un sistema completo para generar y analizar señales, junto con un módulo para el diseño de circuitos impresos. Las siglas VSM significan Virtual System Modelling (Modelado Virtual del Sistema), permitiendo la simulación virtual de prácticamente cualquier circuito en la computadora. Su característica destacada es la capacidad de simular circuitos con microprocesadores o microcontroladores. A pesar de su nombre completo, se le conoce comúnmente como Proteus para mayor facilidad.¹⁴

El kit de mecanizado de CNC incluye 2 varillas de movimiento lineal de 350 mm de largo con un diámetro de 8 mm y tolerancia de $\pm 0,5$ mm, 4 bloques deslizantes lineales con diámetro de 8 mm y 4

soportes de eje SK8. El material de los componentes es de acero, aleación de aluminio y latón. Este conjunto es útil en una variedad de aplicaciones, como impresoras 3D, máquinas CNC, máquinas automáticas y máquinas de moldeo, entre otros.¹⁵

Fusion 360 es una plataforma de software basada en la nube que ofrece herramientas para el diseño en 3D, fabricación y simulación de productos. Esta plataforma permite a los usuarios diseñar y proyectar productos de manera flexible para asegurar su ajuste, estética, forma y función. Además, Fusion 360 proporciona una amplia gama de componentes electrónicos y herramientas para el diseño de circuitos impresos, permitiendo a los usuarios proyectar, diseñar y crear productos con facilidad. Una de las ventajas clave de Fusion 360 es su capacidad para ahorrar tiempo y dinero en el proceso de diseño y fabricación. Al ofrecer herramientas integradas para CAD, CAM (fabricación asistida por computadora), CAE (análisis de elementos finitos) y diseño de circuitos impresos, los usuarios pueden fabricar piezas de alta calidad de manera más rápida y eficiente.¹⁶

En el corazón de UltiMaker Cura se encuentra su potente motor de corte de código abierto, construido a través de años de desarrollo interno experto y contribuciones de los usuarios. Los perfiles de intención imprimen aplicaciones específicas con solo hacer clic en un botón. Los perfiles recomendados probados durante miles de horas aseguran resultados confiables. El modo personalizado, proporciona más de 400 configuraciones para control granular. Las actualizaciones periódicas mejoran constantemente las características y la experiencia de impresión.¹⁷

Trabajos relacionados

En el contexto del crecimiento exponencial de la industria de la impresión 3D, este artículo destaca el ingreso de impresoras de escritorio asequibles y proyectos de código abierto, facilitando a aficionados construir sus propios dispositivos. Abordando este fenómeno, se presenta no solo a estudiantes, una herramienta para construir escáneres 3D, sino que también permite su creciente importancia y anticipa el papel crucial que desempeñará esta herramienta en la creación de modelos futuros.

Desde la antigüedad hasta la Revolución Industrial, se contextualiza la evolución de la metrología y, mirando hacia adelante, predice la integración de proyectores móviles de bajo costo en sistemas de escaneo 3D, destacando así el emocionante futuro de este tipo de impresión. Además, se contextualiza el crecimiento de la impresión 3D y destaca la importancia de la creación de modelos en esta dimensión. La necesidad de este tipo de escáner en modelos existentes y nuevos es que incluyan instrucciones para construir más objetos de bajo costo y que rivalicen con productos comerciales. Hay varias problemáticas que abordar desde el punto de vista de la óptica, pero los escáneres ópticos activos ayudan a resolver el problema de correspondencia mediante iluminación controlada. Un enfoque innovador para escaneo 3D a gran escala es automatizar el proceso y reducir la intervención manual. Contrario a los sistemas actuales que requieren planificación manual de vistas y posición, este sistema coloca múltiples objetos en un espacio de trabajo, adquiere sus formas y posiciones automáticamente, y luego planifica vistas óptimas para escanear en alta calidad. Utilizando un escáner de luz estructurado y un sistema de posicionamiento de tres grados de libertad, el proceso completo ocurre sin intervención humana. Además, el sistema optimiza la cantidad de vistas necesarias, garantiza seguridad para los objetos y ofrece beneficios significativos en términos de eficiencia y calidad. El artículo detalla algoritmos de planificación de vistas y caminos, diseño del escáner y sistema de posicionamiento, y demuestra la adquisición automática de múltiples objetos con potencial escalabilidad. El sistema no solo automatiza el escaneo 3D de múltiples objetos sin intervención humana, sino que también optimiza la eficiencia al reducir la cantidad de vistas necesarias. Ofrece seguridad para los objetos al mover el escáner mientras permanecen estacionarios. El diseño incluye algoritmos avanzados para planificación de vistas, exploración de escena y captura de datos 3D de alta calidad, presentando un enfoque novedoso y eficaz en la evolución de la tecnología de escaneo 3D.¹⁸

El desafío de la planificación de vistas y trayectorias para escanear eficientemente objetos

tridimensionales mediante un sistema de escaneo estructurado, plantea retos en la implementación. Es indispensable una métrica de calidad de vista que evalúa la visibilidad y geometría de puntos en la superficie del objeto, seguido de una optimización basada en funciones objetivo que considera la eficiencia y la superposición de vistas. Un método de optimización basado en "recocido simulado", así como una formulación de programación entera para abordar el problema de planificación de vistas, donde muestran eficiencia en el desempeño final. Usando los métodos propuestos se muestra un rendimiento superior en términos de tiempo y calidad en comparación con estrategias ingenuas, demostrando la viabilidad y eficacia de sistema de escaneo para la adquisición tridimensional de objetos.¹⁹

El conjunto de técnicas y materiales para el diseño e impresión, permiten plantear la fabricación de un dispositivo de escaneo mediante uso de un sensor infrarrojo, usando una metodología de prototipo evolutivo. Como referencia de diseño e implementación se toma el trabajo realizado por ELECTRONOBS. Se enfoca en un método simple para el cálculo de la distancia, usando las características físicas del dispositivo para la medición y el ruido que se pueda generar.

METODOLOGÍA

La metodología de prototipo evolutiva consta de 5 etapas para el diseño e implementación de una idea. Se define como: a) Definir los requerimientos y variables, b) Definir las herramientas para el diseño y testeado, c) Diseño del prototipo, d) Testeo del prototipo, e) Analiza los resultados y aprendizajes. En un entorno ágil se prioriza pasar del boceto al prototipo, porque el objetivo es enfocarse en crear activos interactivos en lugar de objetos intangibles inactivos.²⁰

El prototipo planteado, no se espera de alta calidad, sino que permita conocer los diferentes aspectos para la mejora continua. Es decir, que permita la evolución del modelo y se ajuste a los componentes que sean actuales.

Definir requerimientos y variables

La corriente del sistema, no podrá exceder los 2 amperes. Una fuente de poder de 12Volts a 2 amps fue provista para el desarrollo del sistema.

Dos motores a pasos NEMA modelo 17HD48002-22B/1, son requeridos. Para pasos completos, "Full Steps", se requiere el 70% de la corriente máxima. Este valor se usará en el cálculo de la corriente máxima en el motor en función de la EC (1).

El área de escaneado, se estima en un plato de 20 cms de diámetro, en acrílico transparente de 2mm fijado al eje del motor de rotación con masilla.

La distancia del sensor infrarrojo es de 15 cm al centro del mismo.

El controlador DRV8825 será utilizado para generar los movimientos del motor. Aplicando pasos completos serán de 200 pasos ($\frac{1}{8}^{\circ}$).

Un microcontrolador Arduino nano, es el dispositivo de procesamiento central, en este se realizó la programación del algoritmo propuesto en la Tabla 1.

Un Shield SD card, será utilizado para el almacenamiento de la información de las mediciones realizadas por el sensor infrarrojo para generar una nube de puntos capturados.

Una placa de cobre perforada se utilizará como medio de la unión de los componentes del dispositivo, mediante soldadura y alambre calibre 22.

Se utilizarán un conjunto de monturas llamadas headers o pineras, para colocar los driver DRV8825 y el Microprocesador.

Para el desplazamiento del carro, se utilizarán dos chumaceras lineales modelo SC12UU. Sobre los ejes verticales.

Como eje vertical, se utilizarán dos barras de acero rectificadas de 8 mm y 30 cm de largo. Serán usadas para el desplazamiento del carro junto a las chumaceras.

Como base, se usará una placa de MDF de 9mm, dónde se colocará el dispositivo.

Se usarán dos capacitores electrolíticos de 47mf para el filtrado de la señal del DRV8825 a los motores, de acuerdo a la especificación técnica del fabricante del controlador a pasos.

Variables usadas:

1. Pasos por rotación: que es igual a 200 pasos de $\frac{1}{8}^{\circ}$, de acuerdo a la especificación del motor a pasos.
2. Radianes: Calculada en función del producto de $\pi / 180$ multiplicado por el producto de $360 * \text{pasos por rotación}$.
3. Cambio de estado del sensor: con valores 0 o 1.
4. Medida análoga: que es la distancia calculada en el proceso.
5. Distancia: es la media de las medidas por punto escaneado.

Definir las herramientas para el diseño y testeo

Para el rediseño o ajuste de las piezas, se seleccionó la herramienta Autodesk Fusion 360. En ella se trabajó con los diseños previos y se modificaron según las necesidades para el proyecto.

En la fabricación de las piezas se seleccionó el software Ultimaker Cura 5.3.1 para el preprocesamiento y se utilizó una impresora 3D de la marca ELEGOO Neptune 3, usando materiales como PETG+ y ABS.

Diseño del prototipo. Tomando en consideración las barras verticales de 8mm, los bujes y el sensor infra rojo. Se implementó una montura para funcionar con el desplazamiento del eje vertical del escáner o carro. La Figura 1 muestra el diseño final del soporte deslizante.

En el carro, se montó el dispositivo de captura, 2 bujes o cojinetes de desplazamiento, un balero y un sujetador para la contra de la varilla de rodamiento. El diseño permite también la montura de una cámara digital. Todos los diseños se ajustaron en Autodesk fusión 360.

El cuerpo principal del escáner se modificó para poder fijar a una cama plana. En la Figura 2 se muestra el prototipo que se utilizó, tomando como

base el que se encuentra en https://electronoobs.com/eng_arduino_tut30_stl1.php.

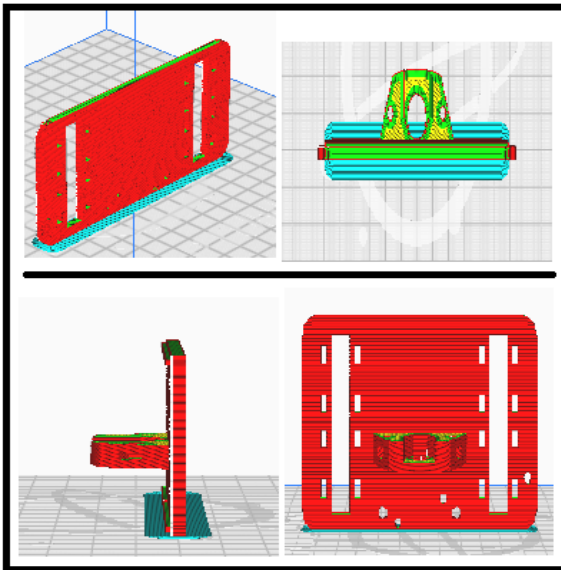


Figura 1. Vistas de montura de sensor. El diseño de la pieza se muestra en diferentes vistas. La izquierda superior muestra la vista frontal, la superior derecha muestra una vista área, la inferior izquierda una vista lateral y la inferior derecha la parte posterior. Las ranuras más pequeñas son usadas para la montura de los bujes, la parte inferior cuenta con los orificios para la montura del sensor y la parte posterior cuenta con un soporte para el eje y su montura de la tuerca del eje.

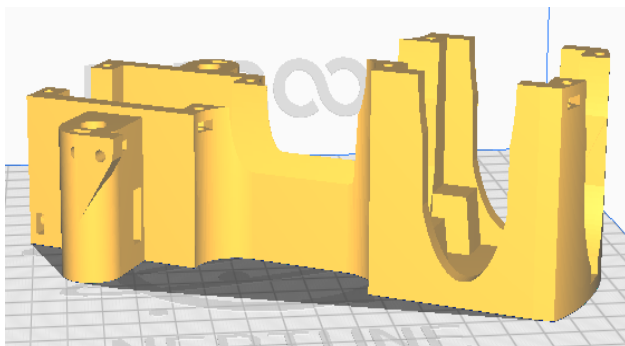


Figura 2. Soporte de dispositivo. La base está constituida por dos zócalos para los motores nema 17, incluye perforaciones para forjar las tapas de los motores y para fijar a la cama plana. En el diseño final se añadió un soporte en la parte central para fijar en desde la parte central y así mejorar la rigidez de la pieza total.

Otras partes que se trabajaron fueron, la tapa de los motores, y el soporte superior para la alineación del eje vertical. Para la base giratoria se utiliza un plato de 2 mm de espesor de acrílico y 15 cm de diámetro,

fijado al eje de motor que funciona como base giratoria.

Testeo del prototipo

Para el testeo del prototipo, se unieron los ejes verticales a la base y al carro, así como el soporte superior para el eje vertical, se fijó el sensor infrarrojo y se montaron físicamente los motores en los zócalos. La Figura 3, muestra el avance del prototipo.



Figura 3. Ensamble de partes impresas y ejes. La base se unió a la cama fija, se procedió a color los motores nema 17 a los zócalos de la base, se colocaron los ejes y el carro se sujetó usando dos de los cojinetes, así mismo se colocó el soporte superior, para proveer estabilidad en el desplazamiento.

Usando una placa soldable, se montaron los zócalos para colocar la placa de desarrollo Arduino Nano, el módulo de lector de memoria SD card con interfaz SDI, la terminal de la fuente de poder, los controladores DVR 8825. Para conectar los motores, se utilizaron cables con terminales de 4 pines, así mismo con el sensor infrarrojo. La ejemplificación de la circuitería se encuentra en la Figura 4. Se procedió a la configuración de los controladores DVR 8825. Dada la referencia la Ec 1. Se identificó que la resistencia tipo SMD del shield es de 0.10ohm, por lo tanto la corriente máxima aplicable al motor a pasos completos sería de 1.2 Amps. Entonces sustituyendo la corriente, se puede obtener el voltaje de activación del componente 0.06Volts. .

En la parte de programación, se utilizó Arduino IDE, donde se codificó el movimiento de los motores para el giro y el desplazamiento del carro. El algoritmo presentado, se muestra en la Tabla 1

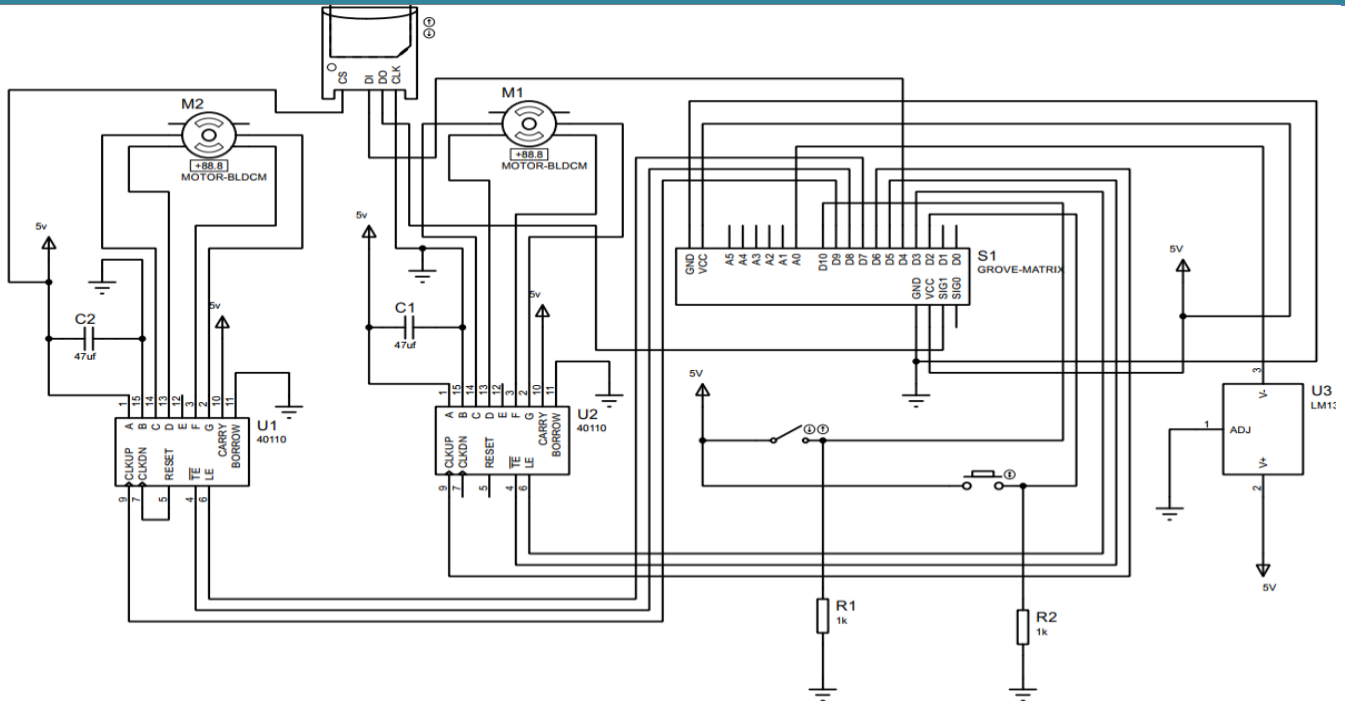


Figura 4. Diagrama conexiones. En la herramienta de simulación llamada Proteus, se incluyeron los componentes que permiten al escáner operar. Se incluyeron motores de dos bobinas para representar a los de paso. El shield de memoria, los drivers y el sensor se incluyeron, pero son variaciones de los que están en el simulador.

Tabla 1. Algoritmo de creación

Entrada: Lectura del sensor de distancia.

Resultado: Coordenadas guardadas en archivo,

Inicio

ángulo = 0

pasos = 1

altura = 0.5

rotación_varilla_rosca=8

While true do

$RAD = (3.141592 / 180.0) * (8);$

Leer distancia $d;$

$X = \text{Sen}(\text{ángulo} + RAD) * d;$

$Y = \text{Cos}(\text{ángulo} + RAD) * d;$

$Z = \text{altura} * 200 * \text{rotación_varilla_rosca}$

Guardar valores de X,Y,Z;

Incrementar pasos en 1;

if pasos es igual a 200 **then**

Mover en 1 carro;

pasos = 1;

altura = altura +1;

end

end

El carro necesita 8 vueltas para poder desplazarse un centímetro.

Cada rotación, guarda los valores del punto. Funciones geométricas, ayudan a estimar la posición en X y Y. Usando como referencia la distancia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Analiza los resultados y aprendizajes

La impresión de los componentes, durante la fabricación aditiva, se realizó usando mayormente la configuración establecida por defecto en la impresora 3D seleccionada. Ajustes al relleno y la temperatura de la cama, ayudan a la calidad de los elementos seleccionados usando materiales como el PETG+ y el ABS. La Figura 5 ilustra el proceso.

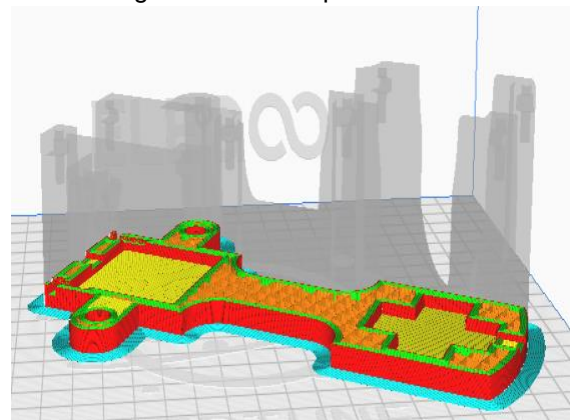


Figura 5. Impresión aditiva. El proceso de impresión aditiva, permite que las capas de material sean añadidas, en la imagen las áreas rojas representan las paredes de la pieza, mientras que las amarillas son el usadas como relleno. La parte anaranjada representa una configuración de relleno mucho más rígida.

En la programación del dispositivo, el algoritmo de la Tabla 1 fue implementado. Se establece el punto de partida y se anexa un botón de paro, para interrumpir el trabajo del microprocesador y parar las mediciones. La figura 6 muestra el resultado final.

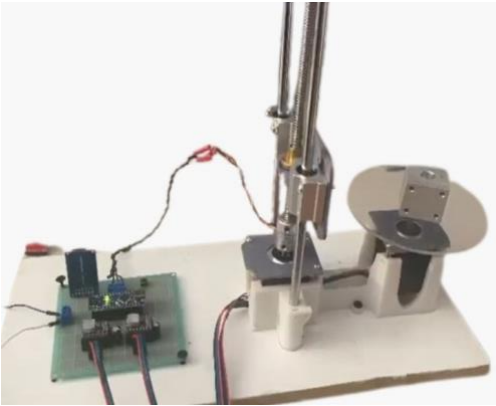


Figura 6. Testeo del dispositivo. Para este caso, el dispositivo está escaneando un bloque sólido de aluminio. El escaneado es realizado en las caras que inciden con emisor de infrarrojo.

En el cálculo de la distancia se usó la siguiente fórmula:

$$D = -5.40274 * d^3 + 28.4823 * d - 49.7115 * d + 31.3444 \text{ Ec (2)}$$

Una vez que la distancia ha sido promediada, se procede a guardar en una memoria SD, para su posterior uso.

Una vez escaneado el prototipo, se procede al uso de la herramienta Meshlab para generar la nube de puntos que permite reproducir el modelo.

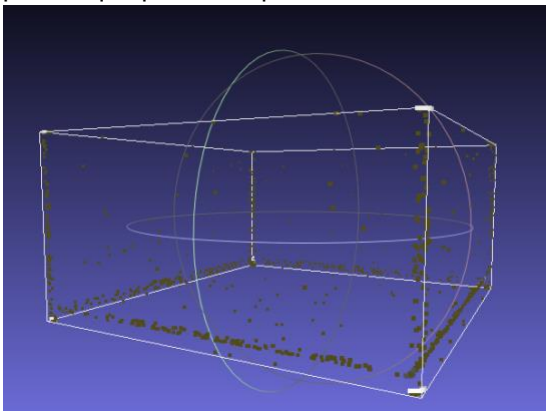


Figura 7. Nube de puntos en MeshLab. La carga del archivo de puntos, permite la visualización de un objeto escaneado, en este caso un cubo. En las superficies que son lisas hay menos detalles, pero las esquinas hay más elementos. Esto puede ser a causa de que no es brillante la esquina.

CONCLUSIONES

El prototipo, implementa dos grados de libertad, este caso, uno para el movimiento del plato y uno más para el movimiento del carro. Reduciendo el costo, frente a opciones de tres grados o más derivado del costo de los componentes como el motor nema 17 y controlador a pasos.

Los ajustes realizados durante el desarrollo del prototipo, para que este pueda cumplir la tarea para la que fue pensado, da por concluida la primera evolución del proyecto. Dado a que no se conocían todos los detalles o requerimientos del elemento, la metodología de prototipo evolutivo es ideal, pues permite establecer nuevos retos para la siguiente evolución.

Durante el proceso de impresión de las piezas del modelo, una configuración adicional fue el incrementar el valor de la capa exterior o pared de 2 a 6, esto permite a las piezas tener una buena rigidez, apoyando la estabilidad del prototipo ante los movimientos del motor.

En la impresión de áreas propensas a la ruptura, se estila usar un relleno de mayor densidad, para este modelo en la base se utilizó un patrón cúbico.

La precisión de lectura de la distancia mediante el sensor infrarrojo, tiene un margen de error mínimo. Sin embargo un número de pasos mayor genera una forma más completa que sólo en configuración "Full Steps". Lo que incrementa el tiempo de escaneado, pero permite capturar mejor los elementos de formas no regulares.

La calidad del modelo final, no es la esperada, es por ello que el uso de otro tipo de sensores, como una cámara, será mejor para elementos que sean ricos en detalles.

El conjunto de herramientas para el diseño, la impresión y la automatización, habilitan a pequeños emprendedores a realizar trabajos de prototipo, que a su vez mejora las posibilidades económicas.

Un mercado detallista en México de impresión y escaneo tridimensional, podría generar dividendos

que aporten a la economía familiar, de pequeños talleres y entusiastas.

Las posibilidades del escaneo, implica indudablemente dos aspectos, la capacidad de capturar la información de la pieza y el error de medición. Es importante recalcar que, aunque el sensor infrarrojo cumple su función, la distancia de incidencia es mínima. La suposición de la forma, se relaciona con la cantidad de superficie escaneada, por lo que el uso del sensor para la captura, podría verse influenciado por el tipo de objeto a escanear.

La mejora continua del prototipo, deberá tener como enfoque principal, la movilidad y la capacidad de escanear objetos grandes.

AGRADECIMIENTOS Y/O RECONOCIMIENTOS

Financiamiento

Este proyecto fue financiado por el ITS del Occidente del Estado de Hidalgo, bajo la línea de investigación Control Inteligente y Procesamiento de Señales.

Agradecimiento

Se agradece a los prestadores de servicio social y al programa educativo de Ingeniería en Sistemas Computacionales del ITS del Occidente del Estado de Hidalgo.

REFERENCIAS

1. Mondragón, T.E. (junio, 2021) *La industria de la impresión 3D, un sector en crecimiento*. BBVA.CH. Recuperado en Octubre 2023 de BBVA de <https://www.bbva.ch/noticia/la-industria-de-la-impresion-3d-un-sector-en-crecimiento/>
2. Contreras, L. (2019). *Reporte Gartner 2019: La impresión 4D comienza su ascenso*. 3D Natives. Recuperado el 06 de octubre de 2023 de 3D Natives de <https://www.3dnatives.com/es/gartner-2019-impresion-4d-140120192/#/>
3. Autodesk. (04 de octubre 2023). *El futuro de la producción | la impresión 3D Fabricación aditiva*. 2023 Autodesk Inc. Recuperado de <https://www.autodesk.es/solutions/additive-manufacturing>.
4. Pérez Chilinginga, A. P. (2019). Estudio comparativo entre sensores de distancia, con diferente principio de medición, para determinar las especificaciones en la implementación de un scanner tridimensional (Bachelor's thesis).
5. Varas, P .M. (5 de julio, 2019). *S19E01: Arduino/Raspberry Pi en productos comerciales ¿Buena idea?*. LinkedIn Recuperado de <https://www.linkedin.com/pulse/s19e01-arduinoraspberry-pi-en-productos-comerciales-idea-varas-parra/?originalSubdomain=es>
6. TRESDRINTECH. (4 de octubre 2023). *Shield CNC V3.0 (GRBL)*. Recuperado de <https://tresdrintech.com/mx/shield-para-arduino/53-cnc-shield-v3-7503040288016.html>.
7. TRESDRINTECH. (4 de octubre del 2023). *Motor Nema 17 1.5a 42x42x34mm*. Tresdrintech Recuperado de <https://tresdrintech.com/mx/impresoras-3d/75-motor-nema-17-12a-42x42x34mm-7503040256008.html>
8. MKtronik. (4 de octubre del 2023). *Modulo shield lector de micro sd para arduino*. MKtronik Recuperado de <https://mktronik.mx/shield-drivers/316-modulo-shield-lector-de-micro-sd-para-arduino.html>
9. fine. (4 de octubre del 2023). *GEO5 Software Nube de Puntos*. fine Recuperado de <https://www.finesoftware.es/software-geotecnico/nube-de-puntos/>
10. Prometec. (4 de octubre del 2023). *Sensores de distancia infrarrojos*. Prometec Recuperado de <https://www.prometec.net/sensores-distancia-infrarrojos/>
11. Naylamp. (4 de octubre del 2023). *DRIVER PAP DRV8825 1.5A*. Naylamp Recuperado de <https://naylampmechatronics.com/driver-pap-stepper/126-driver-pap-drv8825.html>.
12. Pololu. (4 de octubre del 2023). *DRV8825 Stepper Motor Driver Carrier, High Current*. Pololu Recuperado de <https://www.pololu.com/product/2133>
13. Arduino. (4 de octubre del 2023). *Arduino Nano*. Recuperado de <https://store.arduino.cc/products/arduino-nano>
14. Labcenter Electronics. (4 de octubre del 2023). *PCB Design & Simulation Made Easy*. Proteus Recuperado de <https://www.labcenter.com/>
15. Amazon. (s.f) Kit de tornillos de plomo T8 de 350 mm, guía de eje de barra de movimiento lineal de 2 x 350 mm, 4 bloques deslizantes lineales, 4 soportes de eje SK8 para impresora 3D y máquina CNC de bricolaje (350 mm, juego) . Recuperado el 4 de Octubre de 2023 de Amazon de https://www.amazon.com.mx/tornillos-movimiento-deslizantes-acoplamiento-impresora/dp/B0B6DVC6TJ/ref=sr_1_4?__mk_es_MX=%C3%85M%C3%85%C5%BD%C3%95%C3%91&crd=8H8UUHQDXOW&keywords=kit%2Bcnc&qid=1695993367&sprefix=kit%2Bcnc%2Caps%2C316&sr=8-4&ufe=app_do%3Aamzn1.fos.4e545b5e-1d45-498b-8193-a253464ffa47&th=116
16. Autodesk. (4 de octubre del 2023). *Fusion 360: más que CAD, es el futuro del diseño y la fabricación*. Autodesk Recuperado de <https://www.autodesk.mx/products/fusion-360/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
17. UltiMaker. (4 de octubre del 2023). *UltiMaker Cura*. UltiMaker Cura Recuperado de <https://ultimaker.com/software/ultimaker-cura/>
18. Fan, X., Zhang, L., Brown, B., & Rusinkiewicz, S. (2016). Automated view and path planning for scalable multi-object 3D scanning. ACM Transactions on Graphics (TOG), 35(6), 1-13.

19. Taubin, G., Moreno, D., & Lanman, D. (2014). 3d scanning for personal 3d printing: build your own desktop 3d scanner. In ACM SIGGRAPH 2014 Studio (pp. 1-66).
20. Gereá, C. (2021). Prototipo: qué es y para qué sirve. FREED recuperado el 28 de septiembre de 2023 de <https://freed.tools/blogs/ux-cx/prototipo#:~:text=La%20metodolog>