

Universidad Tecnológica de El Salvador

FACULTAD INFORMÁTICA Y CIENCIAS APLICADAS

CARRERA TÉCNICO EN INGENIERÍA DE HARDWARE



TEMA:

“IMPLEMENTACIÓN DE PROTOTIPO DE ESCÁNER 3D PARA LA
GENERACIÓN DE RÉPLICAS CULTURALES DEL MUSEO UTEC”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

EVER ARMANDO MOLINA CANALES

JOSÉ ANTONIO VALLADARES HERNÁNDEZ

SAÚL ADALBERTO CORNEJO VÁLDEZ

PARA OPTAR AL GRADO DE:

TÉCNICO EN INGENIERÍA DE HARDWARE.

SEPTIEMBRE, 2019

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

AUTORIDADES ACADÉMICAS

ING. NELSON ZÁRATE SÁNCHEZ

RECTOR

LIC. JOSÉ MODESTO VENTURA ROMERO

VICERRECTOR ACADÉMICO

ING. FRANCISCO ARMANDO ZEPEDA

DECANO

JURADO EXAMINADOR

ING. MARIO ALBERTO VALLE AGUIRRE

PRESIDENTE

ING. HUGO JOEL ORTIZ SALDAÑA

PRIMER VOCAL

LIC. MARVIN ELENILSON HERNÁNDEZ MONTOYA

SEGUNDO VOCAL

SEPTIEMBRE, 2019

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

ACTA DE EXAMEN PROFESIONAL

HABIÉNDOSE REUNIDO EL JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

Ing.Hugo Joel Ortiz Saldaña, Lic.Marvin Elenilson Hernández Montoya, Ing.Mario Alberto Valle Aguirre, a las 12:30m. del día Viernes, veintiuno de junio de dos mil diecinueve.

Y LUEGO DE HABER DELIBERADO SOBRE EL EXAMEN PROFESIONAL DE LOS ALUMNOS:

<u>1-Ever Armando Molina Canales</u>	<u>Carnet 28-3224-2017</u>
<u>2-Saúl Adalberto Cornejo Valdéz</u>	<u>Carnet 28-4004-2017</u>
<u>3-José Antonio Valladares Hernández</u>	<u>Carnet 28-2074-2017</u>

QUIENES PRESENTARON DEFENSA DE SU TRABAJO DE GRADUACION TITULADO:
"Implementación de prototipo de escáner 3D para la generación de replicas Culturales del Museo UTEC"

PARA OPTAR AL GRADO DE:

TÉCNICO EN INGENIERIA DE HARDWARE

Y DEL CUAL TAMBIEN EVALUARON LOS CONOCIMIENTOS RELACIONADOS CON EL TEMA DEL MISMO. POR LO QUE ESTE JURADO RESUELVE DECLARAR EL EXAMEN COMO:

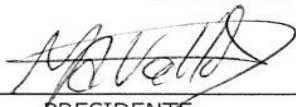
Aprobado

YA QUE CUMPLE CON LOS REQUISITOS ESTABLECIDOS EN EL REGLAMENTO DE GRADUACION DE LA UNIVERSIDAD.

San Salvador, dieciocho de junio de dos mil diecinueve.

F. 
PRIMER VOCAL
Ing.Hugo Joel Ortiz Saldaña

F. 
SEGUNDO VOCAL
Lic.Marvin Elenilson Hernández Montoya

F. 
PRESIDENTE
Ing. Mario Alberto Valle Aguirre

Índice

Nº de página.

Introducción	i
Capítulo I	
Planteamiento del Problema	
1.1 Situación Actual	1
1.2 Enunciado del Problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo general	2
1.3.2 Objetivos específicos	2
1.4. Justificación de Investigación	3
1.5 Limitaciones	4
1.5.1 Limitaciones temporales	4
1.5.2 Limitaciones espaciales.....	4
1.5.3. Alcances	5
1.6 Análisis de Factibilidad.....	6
1.6.1 Análisis de factibilidad económica	6
1.6.2 Análisis de factibilidad técnica	6
1.6.3 Análisis final	7

Capítulo II

Marco Teórico Referencial

2.1 ¿Que es un Escáner 3D?.....	8
2.2 Historia del Escáner 3D	9
2.3 Escaneado en 3D para la Conservación del Patrimonio Cultural	10
2.4 Impresión 3D en Beneficio de las Personas con Discapacidad Visual	12
2.5 Funcionamiento y Partes del Kit de Escáner 3D Ciclop	14
2.6 Placa Arduino.....	15
2.7 Placa Zum Scan Shield	16
2.8 Componentes de Plástico	17
2.9 Motor Paso a Paso.....	19
2.10 Cámara Logitech C270	20
2.11 Laser Lineales	20
2.13 Horus	21

Capítulo III

Metodología

3.1 Metodología	23
3.1.1 Descripción general de la metodología.	23
3.1.2 Justificación de la elección de la metodología	24
3.1.3 Método	25
3.1.4 Instrumentos	26
3.1.5 Procedimiento	28
3.1.6 Participantes	28
3.1.7 Estrategia de análisis de datos.....	29

Capítulo IV

Análisis de Resultados

4.1 Análisis de Resultados	30
4.1.1 Datos relevantes	30
4.2. Análisis de la Encuesta.....	31
4.2.1 Análisis de datos	31
4.3. Análisis de Producto Terminado	41
4.3.1 Producto 1: Ciclop Escáner 3D.....	41
4.3.2 Producto 2: Modelado Digital 3D	44
4.3.3 Producto 3: Replica demostrativa	45

Capítulo V

Conclusiones

5.1 Conclusión47

Referencias.....49

Anexos52

Índice de Ilustraciones

IMAGEN 1 Ubicación del museo universitario antropológico (mua)	4
IMAGEN 2 Escáner 3d	8
IMAGEN 3 Escaneado en tres dimensiones de paolinaborghese	10
IMAGEN 4 Guerrero de xian, reproducido en 3d.....	12
IMAGEN 5 Replica de la gioconda en museo de españa	13
IMAGEN 6 Placa arduino uno	15
IMAGEN 7 Placa zum scam	16
IMAGEN 8 Características de placa zum scam	17
IMAGEN 9 Piezas de chasis escáner ciclop	17
IMAGEN 10 Filamento pla acido poli-láctico.....	18
IMAGEN 11 Motor paso a paso	19
IMAGEN 12 Cámara logitech c270.....	20
IMAGEN 13 Laser lineal de escáner ciclop	21
IMAGEN 14 Programa horus beta.....	21
IMAGEN 15 Encuesta	26
IMAGEN 16 Kit ciclop armado	42
IMAGEN 17 Partes de escáner 3d ciclop	43
IMAGEN 18 Programa meshlab	45
IMAGEN 19 Proceso de escaneado de pieza.....	46

Imágenes Gráficas

GRAFICA 1 ¿Tiene conocimiento o ha escuchado sobre las tecnologías 3D?	31
GRAFICA 2 ¿Ha visitado el museo antropológico de la Universidad Tecnológica de El Salvador?.....	32
GRAFICA 3 ¿Cree posible implementar las tecnologías de escaneo e impresión 3D, para que personas no videntes tengan una mejor percepción sobre el patrimonio cultural de El Salvador?.....	33
GRAFICA 4 ¿Cree usted que una persona no vidente puede conocer y percibir mejor un objeto, utilizando el sentido del tacto?	34
GRAFICA 5 ¿Tiene usted algún familiar, amigo o conocido que posea alguna discapacidad visual?	35
GRAFICA 6 ¿Considera importante fomentar el interés por la cultura salvadoreña?....	36
GRAFICA 7 ¿Cree usted que es necesario crear un área cultural especial para personas no videntes, donde se encuentren réplicas de las piezas culturales hechas.....	37
GRAFICA 8 ¿Cree usted necesario fomentar más el conocimiento sobre las tecnologías 3D en la población salvadoreña?.....	38
GRAFICA 9 ¿Considera usted que una réplica de un objeto impreso en 3D, es capaz de entregar la misma sensación de realidad que la pieza original?.....	39
GRAFICA 10 ¿Cree usted que al realizar una copia virtual en 3D de una pieza arqueológica para luego replicarla, ayudaría el desarrollo cultural de un país?	40

Introducción

La siguiente investigación tiene como principal enfoque la presentación de un prototipo de escáner 3D, que pueda ser utilizado con la finalidad de crear réplicas casi exactas de piezas culturales del museo UTEC.

En el capítulo uno de esta investigación se quiere demostrar que se puede dar una opción a las personas con discapacidad visual, y que estas puedan apreciar mediante el tacto las réplicas de las piezas que se encuentran dentro del museo, dando la facilidad de que estas personas además de poder escuchar la información brindada por el museo, puedan por medio del tacto reconocer las diferentes características de las piezas originales.

En el capítulo dos de esta investigación también se muestra parte de la historia y la definición de un escáner 3D, también los usos que se le pueden dar para ayudar a personas con discapacidad específicamente a las personas no videntes. También se conocerá acerca del escáner “Ciclop 3D”, el cual es el escáner con el que se desarrollara este proyecto

Todo lo anterior se quiere demostrar por medio de una metodología de investigación la cual se muestra en el capítulo tres. Está basada en datos concretos y que brinde resultados específicos para poder analizarlos de la mejor manera. Para eso se seleccionó como metodología de investigación el uso de encuestas, las cual permitirán tener información sobre que piensan los estudiantes de la Universidad Tecnológica de El Salvador de este proyecto.

En el capítulo cuatro se muestran los datos obtenidos por medio de la metodología de investigación, que permitirán conocer de primera mano que piensan las personas de la utilización de la tecnología de escaneado en 3D para la conservación de piezas de nuestro patrimonio cultural, antropológico y la generación de réplicas impresas en 3D.

Esta investigación también permitirá poder obtener conclusiones, las cuales se muestran en el capítulo cinco y por medio de estas poder generar ideas nuevas que permitan que el uso de este tipo de tecnología contribuya a beneficiar a más personas.

En general se quiere demostrar que se pueden utilizar todo este tipo de herramientas que brindan las nuevas tecnologías, en este caso el uso de un escáner 3D para ayudar a personas con alguna discapacidad a que se pueda incorporar y desenvolverse de mejor manera al mundo que les rodea.

Capítulo I

Planteamiento del Problema

1.1. Situación Actual

Se conoce que actualmente la Universidad Tecnológica de El Salvador, cuenta con un museo universitario de antropología también conocido por sus siglas (MUA) donde se muestra y se difunde el pensamiento científico, antropológico como también el patrimonio cultural salvadoreño.

Actualmente el museo no cuenta con un método que sirva para poder llegar a todos los sectores de la población. Específicamente para las personas no videntes, tomando en cuenta que la cantidad de personas con discapacidad en nuestro país según un artículo publicado por la Prensa Gráfica en 2017 es de 410,798 y que de estas existen un total de 145,000 personas que son ciegas. (Dutriz Hermanos, 2017).

Se considera sumamente importante que todas las personas de nuestro país sin importar su discapacidad tengan acceso a todo este tipo de información cultural. Se puede observar que es muy poca la cantidad de opciones que se le brindan en específico a las personas ciegas para que estas puedan y tengan la oportunidad de conocer parte de nuestro patrimonio cultural.

Se sabe también que hoy en día existen una gran cantidad de opciones en el área de la tecnología que podrían beneficiar a esta parte de la población la cual no está siendo utilizada ni aplicada para el beneficio de dichas personas, todo esto genera que esta área específica de nuestra sociedad no tenga la posibilidad de poder desarrollarse de manera

óptima y que puedan conocer más de cerca parte de nuestro patrimonio antropológico al que todos tenemos derecho como seres humanos y que forman parte de nuestras raíces culturales.

1.2. Enunciado del Problema

¿Será conveniente el ensamble de un prototipo de escáner 3D, para utilizarlo en el escaneo y elaboración de réplicas de piezas culturales (De aproximadamente 205mm de diámetro y 205mm de alto) que se encuentran en el Museo de la Universidad Tecnológica de El Salvador, en beneficio de las personas que cuentan con alguna discapacidad visual, para que estas tengan una mejor apreciación de lo que se les quiere dar a conocer en el museo?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

-Ensamblar un prototipo de escáner 3D, para la elaboración de réplicas culturales del museo UTEC.

1.3.2. Objetivos específicos

- Presentar un prototipo de escáner 3D.
- Generar mediante el escáner 3D un modelado digital tridimensional de un objeto físico para ser impreso.
- Mostrar una réplica demostrativa de uno de los modelos digitales generados por el escáner 3D.

1.4. Justificación de Investigación

El patrimonio cultural de El Salvador es un legado muy valioso de los antepasados que habitaron estas tierras hace muchos años, este patrimonio cultural heredado es algo muy valioso para conocer nuestros orígenes, es por todo esto que no se puede negar a las población salvadoreña y extranjeros.

La mayoría de piezas arqueológicas y culturales de nuestro país debido a que se encuentran en un estado de deterioro y por su valor cultural se encuentran expuestas al público resguardadas en mostradores de cristal y no pueden ser tocadas, todo esto con el fin de poder mantenerlas intactas en el tiempo y que futuras generaciones puedan conocer de nuestro pasado histórico y cultural, esto es un obstáculo para la población no vidente debido a que su sentido más apto para identificar formas y figuras es el sentido del tacto.

Una solución viable para que este sector de la población tenga acceso a el patrimonio cultural, es la réplica de las piezas culturales en impresión 3D, para lo cual necesario un modelo digital (Archivo digital de la figura física para impresión 3D). Este modelo se realiza por medio de un escáner 3D, que sea capaz de replicar la pieza lo más exacto posible.

Con el uso del escáner 3D se pueden generar réplicas de las piezas que se encuentran dentro del Museo UTEC, gracias a esto la Universidad Tecnológica de El Salvador podría ayudar a las personas que poseen alguna discapacidad visual, facilitando así que estas puedan conocer más sobre las piezas permitiéndoles tocar las réplicas, para así obtener un conocimiento mucho más completo.

Además de tener un impacto positivo para las personas no videntes, también se podrá llamar la atención para que más público en general asista al Museo de la Universidad Tecnológica de El Salvador generando un impacto positivo en la sociedad.

1.5 Limitaciones

1.5.1 Limitaciones temporales

Fecha de inicio: 15 de marzo de 2019

Fecha estimada de finalización del proyecto: 1 de junio de 2019

1.5.2 Limitaciones espaciales

Museo universitario de antropología, en la Universidad Tecnológica de El Salvador, ubicado en edificio Anastasio Aquino, Universidad Tecnológica, Calle Arce y 17ª Av. Norte. No. 1006. San Salvador, debido a que solo personas que visita el museo podrán tocar y ver las réplicas de las piezas históricas y culturales (ver imagen 1).

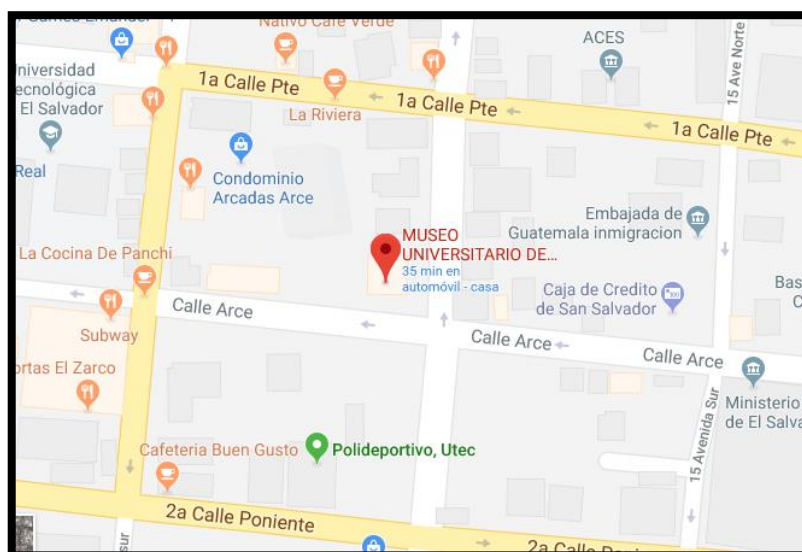


Imagen 1 Ubicación del Museo Universitario Antropológico (MUA)

1.5.3. Alcances

Con la realización de este proyecto se logrará montar un escáner capaz de generar un modelado digital en tercera dimensión de objetos físicos, que contengan medidas aproximadas de 205mm de diámetro y 205mm de alto que sean suficientemente similares y detallados a los originales.

De igual forma con la obtención del modelado digital del objeto, se podrá hacer uso de la tecnología de impresión en 3D, utilizando las impresoras que se encuentran localizadas en el laboratorio de tecnologías avanzadas de la Universidad Tecnológica de El Salvador ver tabla 1 donde se muestran los alcances de forma más detallada.

Tabla 1
Promesas y productos del proyecto.

Promesas	Producto
Ensamblar un equipo capaz de escanear objetos aproximadamente con las medidas de 205mm de diámetro y 205mm de alto.	Escáner 3D.
Mediante la utilización del escáner 3D, se podrá obtener un modelo digital de algún objeto físico, para que este pueda ser replicado mediante la impresión 3D	Modelado digital tridimensional de un objeto..
Después del proceso de escaneado y la obtención del archivo digital, se recurrirá al Laboratorio de Tecnologías Avanzadas para que nuestro archivo pueda ser materializado y así obtener nuestra replica demostrativa.	Replica demostrativa.

1.6.3 Análisis final

Tomando en cuenta tanto el análisis económico y el análisis técnico ver tabla 2 y tabla 3, se ha tomado la decisión de realizar el proyecto utilizando el “Kit de escáner 3D”, siendo este la segunda opción con mejor evaluación, cumpliendo con las expectativas y características necesarias para realizar este proyecto. Además, teniendo uno de los costos un poco más accesibles para poder ejecutarlo.

Capítulo II

Marco Teórico Referencial

2.1 ¿Que es un Escáner 3D?

Un escáner 3D (ver imagen 2), es un dispositivo que analiza un objeto o una escena para reunir datos de su forma y en ocasiones de su color los datos los obtiene por medio de laser de tipo lineales y procesa la información realizando movimientos circulatorios en un radio de 360 grados. (Eximbanker.com, s. f.).



Imagen 2 Escáner 3D

El kit de escáner 3D que se seleccionó para realizar el proyecto cuenta con todas las características necesarias para poder lograr el objetivo que se desea, además es de código abierto lo cual permite utilizar cualquier tipo de software que mejor se acople y que brinde mejores resultados. Además, se podrá compartir las réplicas que se puedan digitalizar, para luego ser impresas.

2.2 Historia del Escáner 3D

La primera tecnología de exploración 3D fue creada en la década de 1960. Los primeros escáneres utilizan luces, cámaras y proyectores para realizar esta tarea. Debido a las limitaciones de los equipos a menudo tomó mucho tiempo y esfuerzo para analizar con precisión los objetos. Después de 1985 fueron reemplazados con escáneres que podrían usar luz blanca, rayos láser y sombrear para capturar una superficie dada. (Eximbanker.com, s. f.).

Este sistema de escaneo 3d láser desarrollado en la última mitad del siglo XX pretendía recrear con precisión las superficies de diferentes objetos o lugares este tipo de tecnología es realmente útil en diferentes aspectos como lo son los campos del diseño, la impresión 3D, y la investigación tecnológica este último enfocado en preservar el patrimonio cultural de la humanidad, frente al desgaste que estos tienen con forme pasan los años.

Escáner 3D se utiliza en una variedad de campos y la investigación académica. Ha beneficiado a diseño de ropa y productos, la industria automotriz y la ciencia médica. Sistema de escaneo láser también puede utilizarse para registrar edificios, especialmente en los lugares que la gente no puede acceder debido a riesgos de seguridad. (Eximbanker.com, s. f.).

En la actualidad el escaneado 3D se puede utilizar para diferentes motivos debido a que ahora son mucho más accesibles, se pueden comprar kit de escáner que ya cuentan con todas las características necesarias para su correcto funcionamiento y que son muy accesibles económicamente.

2.3 Escaneado en 3D para la Conservación del Patrimonio Cultural

En los últimos años, la digitalización en 3D ha llegado a formar parte de un procedimiento consistente y sin contacto directo con las obras que se registran, para la documentación y conservación a largo plazo de patrimonio cultural. La digitalización 3D en alta resolución de yacimientos, monumentos y objetos, permite monitorizar, estudiar, divulgar y comprender la historia compartida de nuestras culturas. La información digital que se está creando de ese modo debe ser guardada de manera segura. (Factum Arte, 2019).

Con este tipo de herramientas tecnológicas se puede obtener una copia exacta de la pieza cultural que se quiere preservar (ver imagen 3) donde se observa el escaneo de una pieza cultural de la galería Borghese, en Roma. (Factum Arte, 2019).



Imagen 3 Escaneado en tres dimensiones de PaolinaBorghese

Este tipo de herramientas ha sido muy bien recibido por parte de la comunidad científica, debido a que se pueden obtener una imagen digital tridimensional la cual se

puede investigar de forma más intuitiva y donde, por medio de la tecnología se pueden observar características que a simple vista del ojo humano muy difícilmente se podrían reconocer, además de poder tener acceso a estas piezas sin necesidad de estar en el lugar y al mismo tiempo evitar un posible daño por exposición debido a la fragilidad de la misma.

Hace muchos años, lo digital se asociaba con lo virtual, sin embargo, ahora se tiene la capacidad de materializar la información digital en objetos tridimensionales, lo cual exige la exploración de los tipos de información contenidos en ella.

La destrucción del patrimonio cultural por causa del turismo masivo, de las guerras, de actos vandálicos, de los estragos del tiempo, de los imperativos comerciales, de la restauración poco cuidadosa o de los desastres naturales, ha llevado a que se reevalúe la importancia que tiene que se tenga una segunda opción o un respaldo para que nuevas generaciones tengan la oportunidad de poder apreciar el patrimonio cultural y al mismo tiempo poder seguir investigándolas. (Eximbanker.com, s. f.).

La oportunidad que brindan las nuevas tecnologías para dar a conocer nuestro patrimonio cultural es interesante debido a que ahora se cuenta con estas herramientas que hace algunos años no todos tenían acceso debido al costo que estos representaban, esto permite poder llegar a más público el cual no puede acceder a este tipo de información, como son las personas no videntes. Estas herramientas permitirán hacer que estas personas puedan apreciar desde su propia perspectiva el patrimonio cultural que brinda y da a conocer el museo antropológico de la Universidad Tecnología de El Salvador.

2.4 Impresión 3D en Beneficio de las Personas con Discapacidad Visual

Hoy en día países como Francia Italia y Gran Bretaña llevan años digitalizando y obteniendo réplicas de sus fondos o piezas de sus museos. Hoy en día se puede escanear casi cualquier objeto y reproducirlo a escala o a tamaño real (ver imagen 4) donde se muestra un guerrero de xian impreso en 3D a escala. (Henneo, 2014).



Imagen 4 Guerrero de Xian, reproducido en 3D

Empresas de escaneo e impresión tridimensional muy importantes como Modelart 3D de España ha señalado los grandes beneficios que se pueden obtener del uso del escaneado en 3D para ayudar a las personas con discapacidad visual además de reducir costos y de poder llegar a diferentes zonas de la región debido a que la pieza puede ser reproducida la cantidad de veces que sea necesario.

Todo lo anterior permitirá acercar piezas como a Puerta de Alcalá, la Torre Eiffel o la Venus de Milo instituciones educativas o culturales debido a que podrán tener

la oportunidad de tener mucho más cerca parte del patrimonio cultural además de poder desarrollar sentidos muy importantes como lo es el sentido del tacto. (Herrera, 2014)

Este tipo de técnica permite un ahorro de costos notable, además de satisfacer las necesidades de los discapacitados visuales dentro del ámbito del patrimonio cultural asegura la empresa además recuerdan que la Declaración Universal de los Derechos del Hombre establece que cada persona tiene derecho a participar libremente en la vida artística y cultural de la comunidad. (Henneo, 2014).

De hecho, la empresa ha hecho sus primeras pruebas (ver imagen 5) con personas invidentes a las que se le han facilitado reproducciones impresas a escala de esculturas y monumentos.



Imagen 5 Replica de La Gioconda en Museo de España

Este tipo de iniciativas permite poder observar cómo se puede utilizar este tipo de tecnología y el impacto de estos proyectos en este sector de la población los cuales serían los más beneficiados a mediano y corto plazo.

2.5 Funcionamiento y Partes del Kit de Escáner 3D Ciclop

El kit de escáner 3D Ciclop permite que cualquier objeto de un tamaño adecuado sea escaneado en sus dimensiones, lo que en última instancia da como resultado un modelo que después del procesamiento posterior, se puede editar, manipular y reproducir con una impresora 3D.

El objeto de elección se coloca en una plataforma giratoria. A medida que se gira el objeto, los láseres de dos líneas lo iluminan desde dos ángulos diferentes. Luego, una cámara escanea el objeto iluminado en cada posición de rotación. Los datos de la cámara se utilizan para crear una nube de puntos 3D. (Dtrewren, 2019).

El kit de escáner 3D Ciclop cuenta con componentes al nivel de software y hardware (ver tabla 4) los cuales se presentan a continuación, en el caso del software puede ser instalado en Windows 7, 8, 8.1 y Windows 10.

Tabla 4

Componentes de hardware y software del kit de escáner 3D Ciclop

Hardware
Placa Arduino
Placa ZUM SCAN Shield
Componentes de plástico
Motor pasó a paso (Nema 17)
Cámara Logitech C270
Láser Lineales
Software
Programa Horus.

2.6 Placa Arduino

Arduino es una plataforma de desarrollo basada en una placa electrónica (ver imagen 6) de hardware libre que incorpora un microcontrolador re-programable y una serie de pines hembra, los que permiten establecer conexiones entre el microcontrolador y los diferentes sensores y actuadores de una manera muy sencilla principalmente con cables. (Vallejo, 2017).



Imagen 6 Placa arduino uno

Una placa electrónica es una PCB (Placa de Circuito Impreso). Las PCB son superficies planas fabricadas en un material no conductor, la cual consta de distintas capas de material conductor. Una PCB es la forma más compacta y estable para construir un circuito electrónico. Así que la placa Arduino no es más que una PCB que implementa un determinado diseño de circuitería interna, de esta forma el usuario final no se debe preocupar por las conexiones eléctricas que necesita el microcontrolador para

funcionar, y puede empezar directamente a desarrollar las diferentes aplicaciones electrónicas que necesite.

2.7 Placa Zum Scan Shield

La placa Zum Scan (ver imagen 7) es un protector de energía compatible con la placa Arduino uno y derivados. Este blindaje se utiliza para controlar motores paso a paso utilizando controladores A4988 módulos láser y sensores LDR. (Arroyo, 2015).

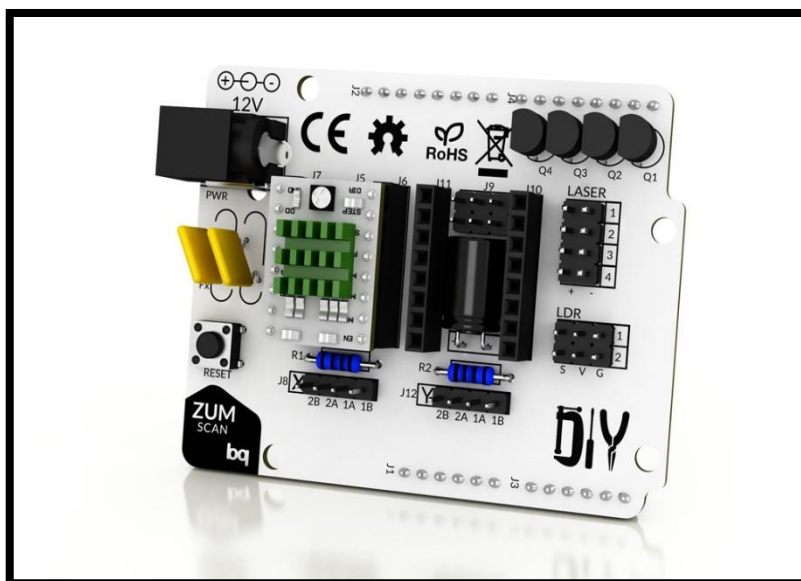


Imagen 7 Placa Zum Scam

Esta tarjeta electrónica ha sido diseñada para ser utilizada en escáneres 3D, como Ciclop. Aunque Ciclop utiliza un motor paso a paso y dos módulos láser, Zum Scan le permite controlar hasta dos motores paso a paso, cuatro módulos láser y dos sensores LDR. Por lo tanto, el escudo se puede utilizar con otras versiones y futuras evoluciones de este escáner 3D (ver imagen 8) donde se muestran las características de esta placa. (Arroyo, 2015).

Nombre	Descripción
Modelo	bq ZUM SCAN
Dimensiones	67 (L) x 54 (W) mm
Voltaje de entrada	8V - 16 V
Voltaje nominal	12 V
Conector del motor	2 unidades
Transistor de control laser	4 unidades
Conector de sensor analógico	2 unidades
Otras características	Conector de alimentación. Botón de reinicio. Protección de fusibles para motores paso a paso. Compatible con Arduino UNO *

Imagen 8 Características de placa Zum Scam

2.8 Componentes de Plástico

El kit de escáner 3D Ciclop incluye las piezas del chasis (ver imagen 9) ya impresas debido a que este kit es de código abierto este fácilmente se puede imprimir teniendo el diseño de las piezas las cuales se pueden encontrar en internet.



Imagen 9 Piezas de chasis escáner ciclop

El kit de escáner 3D Ciclop que se utilizará ya incluye las piezas impresas, pero por lo general el material más utilizado es el PLA debido al costo que es bajo y que además está compuesto por materiales biodegradables (ver imagen 10) a continuación se muestra en que consiste este tipo de filamento.



Imagen 10 Filamento PLA ácido poli-láctico

El ácido poli-láctico es un polímero biodegradable derivado del ácido láctico. Es un material altamente versátil, que se hace a partir de recursos renovables en su totalidad, 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. (Villaverde de Medina, 2007).

Se utiliza ampliamente en la impresión 3D bajo el proceso modelado por deposición fundida (FDM). El segundo mayor productor mundial de PLA es el grupo “weforyou” con una capacidad anual de 50,000 toneladas. (Villaverde de Medina, 2007).

2.9 Motor Paso a Paso

Un motor paso a paso (ver imagen 11) es un dispositivo electromecánico que convierte una serie de pulsos eléctricos en desplazamientos angulares, lo que significa que es capaz de girar una cantidad de grados (paso o medio paso) dependiendo de sus entradas de control. (Mecafenix, 2017).



Imagen 11 Motor paso a paso

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos. La característica principal de este tipo de motores es el hecho de poder moverlos un paso a la vez por cada pulso que se le aplique. (Mecafenix, 2017).

Este paso puede variar desde 90° hasta pequeños movimientos de 1.8° , Es por eso que ese tipo de motores son muy utilizados, ya que pueden moverse a deseo del usuario según la secuencia que se les indique a través de un microcontrolador. (Mecafenix, 2017).

2.10 Cámara Logitech C270

La cámara Logitech C270 (ver imagen 12) que incluye el kit es una de las piezas más importantes debido a que con esta se podrá visualizar por medio de su video que es a 720 por 60 cuadros por segundo las piezas culturales que se desean escanear para luego ser impresas en una impresora 3D.



Imagen 12 Cámara logitech C270

2.11 Laser Lineales

El láser de lineal (ver imagen 13) en la industria se utiliza para mostrar líneas de trabajo o bordes para alineación y posicionamiento. Se pueden usar para mostrar líneas donde el material se debe cortar, doblar, pegar, soldar o simplemente colocar.

En este caso los láser lineales que incluye el kit de escáner 3D Ciclop servirá para proyectar los dos láseres sobre el objeto o pieza que se desea escanear para luego obtener la geometría y textura del objeto que está rotando sobre la plataforma giratoria.

Es importante mencionar que la primera vez que se quiere poner a trabajar el escáner es necesario calibrar los laser con el panel de ajuste que incluye el kit ciclop.



Imagen 13 Laser lineal de escáner ciclop

2.13 Horus

Horus es una aplicación multiplataforma (ver imagen 14) orientada al control de escáneres 3D libres. Proporciona una interfaz gráfica para gestionar las comunicaciones, la captura y sincronización de datos. (Arroyo, 2015).

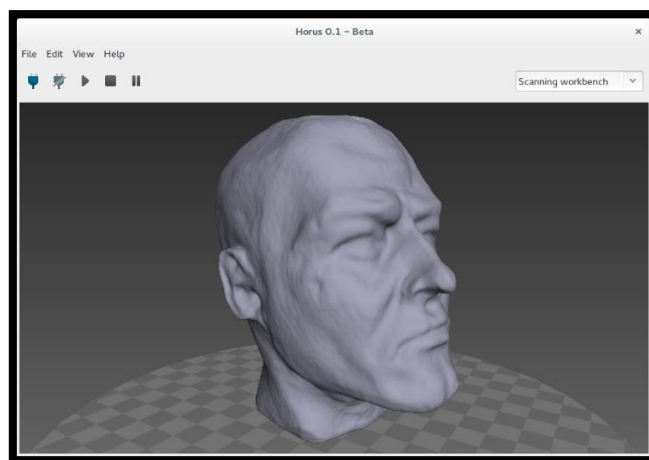


Imagen 14 Programa Horus beta

Ha sido desarrollado y optimizado para GNU/Linux Ubuntu. Sin embargo, también se ha probado en sistemas Windows y estará soportado para Mac, el software está programado en Python.

Horus es un software libre. Su código está publicado en GitHub, liberado bajo la licencia GPL v210. Esta licencia garantiza que se cumplen las libertades fundamentales en el uso del software libre. Todo código liberado bajo la licencia GPL pertenece automáticamente al Patrimonio Tecnológico de la Humanidad.

Capítulo III

Metodología

3.1 Metodología

3.1.1 Descripción general de la metodología.

Como metodología se denomina la serie de métodos y técnicas de rigor científico que se aplican sistemáticamente durante un proceso de investigación, para alcanzar un resultado teóricamente válido (Coelho, 2019). En este sentido, la metodología funciona como el soporte conceptual que rige la manera en que aplicamos los procedimientos en una investigación. (Ocampo Botello, Pérez Vera, y Sánchez Pérez, 2015).

El método que se utilizará en este proyecto, será el método de investigación de campo debido a que los datos obtenidos por medio de la investigación se recaudaran de forma directa de las personas toda la información recolectada servirá para poder analizar de mejor manera el caso.

Este documento se enfoca en la utilización de un escáner 3D para la digitalización de piezas culturales y antropológicas del museo de antropología (MUA) de la Universidad Tecnológica de El Salvador, se sabe que en la actualidad el museo no cuenta con una forma de poder llegar a las personas con discapacidad visual.

Se sabe que las personas con este tipo de discapacidad pueden tener una mejor apreciación de las cosas por medio del tacto, mediante el escáner 3D se podrían obtener réplicas exactas de las piezas y así poder hacer que estas personas tengan la oportunidad de poder tocar y percibir de mejor manera lo que se encuentra en el museo sin necesidad de tocar la pieza original.

3.1.2 Justificación de la elección de la metodología

Para la elección del tipo de metodología de investigación que se utilizará se debe de tomar en cuenta el tipo de información que se necesita, para la elaboración de este proyecto la información que se necesita tiene que ser directa por lo cual se tomó la decisión de hacer una investigación de campo.

La Investigación de Campo se entiende como el proceso en donde se usan los mecanismos investigativos, a fin de aplicarlos en el intento de comprensión y solución de algunas situaciones o necesidades específicas. De esta forma, la Investigación de Campo se caracterizaría principalmente por la acción del investigador en contacto directo con el ambiente natural o las personas sobre quienes se desea realizar el estudio en cuestión. (El Pensante, 2016)

El ambiente y las personas como dice la anterior definición de investigación de campo serán una parte los mismos estudiantes de la Universidad Tecnológica de El Salvador, en específico estudiantes de la carrera de Técnico en Ingeniería de Hardware los cuales muchos de estos hacen uso del museo, así como también estudiantes que nunca han visitado el museo todo esto con el objetivo de que también más personas puedan hacer uso de estas instalaciones que brinda la universidad.

Las personas con discapacidad visual también forman parte de esta investigación para poder analizar de qué forma se puede impactar de manera positiva con este tipo de proyectos que en teoría beneficiarían a que estas tengan una mejor percepción del mundo que les rodea, en este caso que puedan conocer un poco más sobre nuestra historia cultural y antropológica por medio del museo de la universidad.

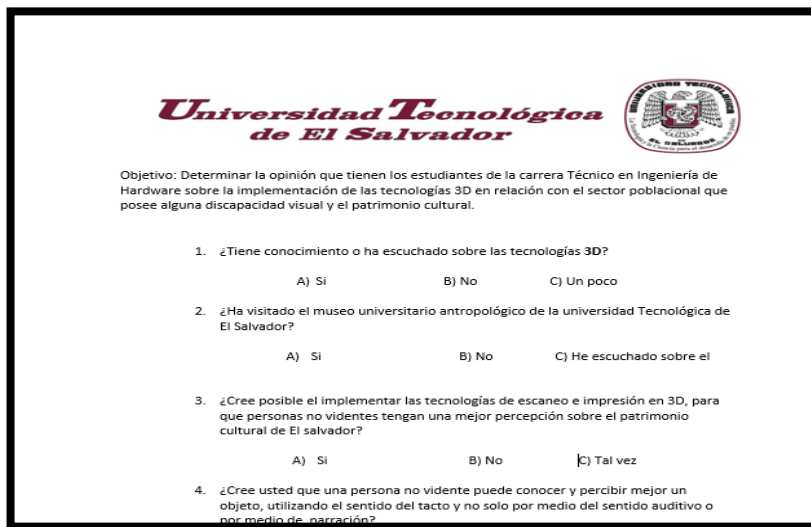
Con esta metodología se pretende mostrar de qué manera se beneficiará a las personas con discapacidad, así como también a los estudiantes de la Universidad Tecnológica de El Salvador todo esto con la aplicación de un escáner 3D que permita la digitalización de piezas culturales y antropológicas, que luego serán replicadas en las impresoras 3D de la universidad.

3.1.3 Método

En esta investigación se plantea el problema como: “¿Será conveniente el ensamble de un prototipo de escáner 3D, para utilizarlo en el escaneo y elaboración de réplicas de piezas culturales (De aproximadamente 205mm de diámetro y 205mm de alto) que se encuentran en el Museo de la Universidad Tecnológica de El Salvador, en beneficio de las personas que cuentan con alguna discapacidad visual, para que estas tengan una mejor apreciación de lo que se les quiere dar a conocer en el museo?”.

Para dicha problemática serán analizados los datos que se obtengan por medio de la encuesta (ver imagen 15) realizada a estudiantes de la Universidad Tecnológica de El Salvador específicamente a los que estudian la carrera de Técnico en Ingeniería de Hardware.

Esta carrera tiene una cantidad aproximada de 200 estudiantes por lo cual como muestra se seleccionó un 10% que serían la cantidad de 20 encuestas. Este método permitirá ir obteniendo resultados que muestren que piensan los participantes de la encuesta sobre la utilización de este tipo de tecnología y los beneficios que se obtendrán al llevar a cabo este proyecto.



**Universidad Tecnológica
de El Salvador**



Objetivo: Determinar la opinión que tienen los estudiantes de la carrera Técnico en Ingeniería de Hardware sobre la implementación de las tecnologías 3D en relación con el sector poblacional que posee alguna discapacidad visual y el patrimonio cultural.

1. ¿Tiene conocimiento o ha escuchado sobre las tecnologías 3D?
A) Si B) No C) Un poco
2. ¿Ha visitado el museo universitario antropológico de la universidad Tecnológica de El Salvador?
A) Si B) No C) He escuchado sobre el
3. ¿Cree posible el implementar las tecnologías de escaneo e impresión en 3D, para que personas no videntes tengan una mejor percepción sobre el patrimonio cultural de El Salvador?
A) Si B) No C) Tal vez
4. ¿Cree usted que una persona no vidente puede conocer y percibir mejor un objeto, utilizando el sentido del tacto y no solo por medio del sentido auditivo o por medio de narración?

Imagen 15 Encuesta

Con lo anterior se pretende la obtención de información que permita poder analizar que conocimientos tienen las personas acerca de este tipo de tecnología y si conocen de los beneficios que brinda el escaneado en 3d para las personas con discapacidad.

3.1.4 Instrumentos

Para la recaudación de datos se optó por la realización de encuestas las cuales tienen una serie de preguntas específicas sobre el tema desde los conocimientos que se tienen sobre el tema hasta preguntas sobre que se piensa sobre los beneficios que se obtendría con la realización del proyecto.

Para eso es necesario poder definir que es una encuesta se conoce como una técnica de recogida de datos para la investigación social. Como tal, una encuesta está constituida por una serie de preguntas que están dirigidas a una porción representativa de una población, y tiene como finalidad averiguar estados de opinión, actitudes o

comportamientos de las personas ante asuntos específicos. (Casas Anguita, Donado Campos y Repullo Labrador, 2003).

La encuesta, en este sentido, es preparada por un investigador que determina cuáles son los métodos más pertinentes para otorgarle rigurosidad y confiabilidad, de modo que los datos obtenidos sean representativos de la población estudiada. Los resultados, por su parte, se extraen siguiendo procedimientos matemáticos de medición estadística. (Significados.com, 2017).

Dependiendo del universo estudiado, se definirá la proporción de la muestra representativa de una población. Aunque cuando se trate de poblaciones muy pequeñas, se podrá proceder a encuestar al cien por ciento de los individuos. Así, una encuesta se designará como parcial cuando se enfoque en una muestra de la población total, y se llamará exhaustiva cuando abarque todas las unidades estadísticas que conforman el universo estudiado. La población, por otro lado, podría estar compuesta por personas, empresas o instituciones. (Significados.com, 2017).

Las encuestas que se realizarán serán a través de internet por medio de la aplicación de Google llamada Google Forms en la cual podrá realizar formularios y encuestas para adquirir estadísticas sobre la opinión de un grupo de personas, siendo la más práctica herramienta para adquirir cualquier tipo de información.

El escáner 3D adquirido y todos los accesorios que incluye para su correcto funcionamiento también es un instrumento esencial para poder realizar este proyecto debido a que gracias a este se podrá lograr el objetivo principal que es el escaneado de piezas del museo UTEC para luego poder imprimirlas.

3.1.5 Procedimiento

Para la realización de las encuestas se procederá a hacerlas por internet a través de la aplicación llamada Google Forms debido a que esta permite realizar encuestas a través de un sencillo formulario online. Después, se podrá ver los resultados perfectamente organizados en una hoja de cálculo.

Las etapas que se ha tomado en cuenta para la ejecución de este proyecto son: La adquisición del escáner 3D, la cual se ha hecho mediante una compra en una tienda online. Revisión de todas las piezas del producto y lectura de manual de usuario para un óptimo ensamblaje del equipo. Prueba y error de escaneo con diferentes objetos lo cual permitirá afinar el equipo para un mejor resultado. Finalmente, una vez se ha logrado afinar a la perfección el equipo, se escanearán algunas piezas que se encuentran en el Museo de la Universidad Tecnológica de El Salvador.

3.1.6 Participantes

Son la parte fundamental de una investigación de cualquier tipo es muy importante para obtener unos resultados confiables, para lo cual se necesita generalmente la mayor cantidad de datos posibles. Pero resulta casi imposible o impráctico llevar a cabo algunos estudios sobre toda una población, para esto la solución es desarrollar el estudio basándose en un subconjunto de dicha población realizando una selección de ella. (Nárvaez , 2014).

Por lo anterior los participantes serán estudiantes de la Universidad Tecnológica de El Salvador de la carrera Técnico en Hardware y se seleccionaron debido a que tienen una serie de conocimientos básicos sobre el tema gracias a la carrera que estudian.

3.1.7 Estrategia de análisis de datos

Para hacer un correcto análisis de datos de toda la información recaudada se debe de conocer con qué tipo de datos se cuenta, para eso se seleccionó el método de la encuesta, el cual permite obtener datos cuantitativos.

La investigación cuantitativa pretende tomar una decisión respecto a ciertas alternativas, que tienen la particularidad de que entre ellas hay una relación que se puede representar de forma numérica. (Merino, Pérez Porto, 2012).

La principal herramienta a utilizar para el análisis de datos será la aplicación de Google Forms que permitirá poder mostrar los resultados por medio de gráficos.

Capítulo IV

Análisis de Resultados

4.1 Análisis de Resultados

4.1.1 Datos relevantes

La investigación realizada durante los últimos cuatro meses dejó como resultado una apreciación diferente con respecto a las nuevas tecnologías como lo es la de escaneado en 3D para el beneficio de las personas con discapacidad.

El patrimonio cultural y antropológico que brinda el museo no puede ser apreciado por todas las personas que se acercan al museo por lo cual es necesario poder implementar nuevas formas de llegar a todos los sectores de la población en especial a las personas con discapacidad visual.

La investigación muestra parte de la historia del escáner 3D y la importación de este tipo de tecnología en las diferentes áreas y los grandes beneficios que esta presenta para la conservación del patrimonio cultural para que las futuras generaciones puedan apreciarla de la mejor manera.

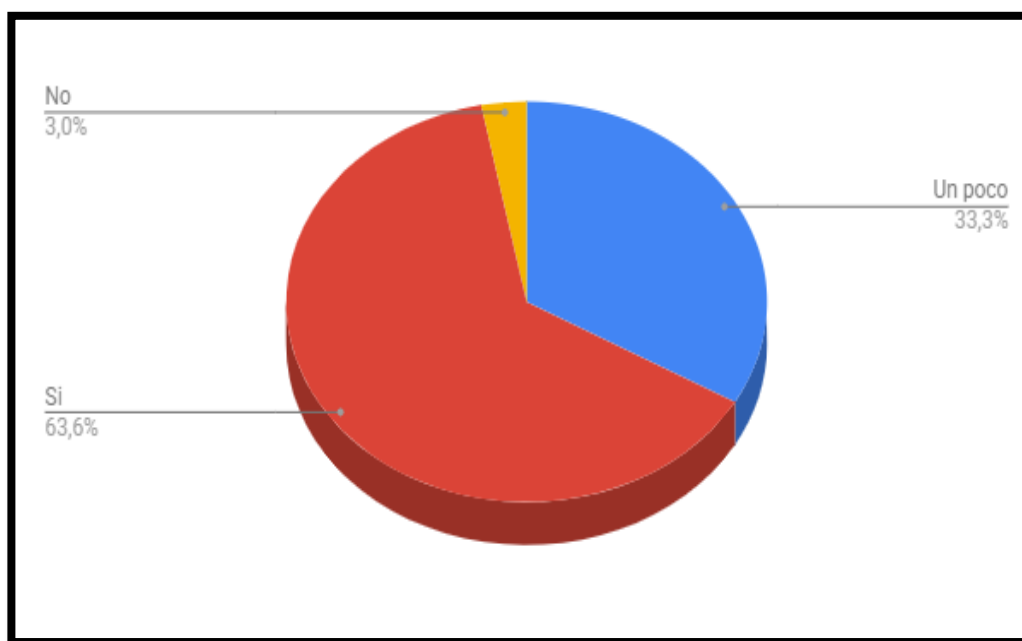
También se ha revisado cuáles son cada una de las partes que conforman el kit de escáner 3D que se utilizara para el escaneado de las piezas y la función que estas cumplen para el correcto funcionamiento del mismo.

Con los datos anteriores se puede tener una mejor apreciación del proyecto que se desea presentar, como también los alcances y beneficios que se pueden obtener con la realización de este proyecto en beneficio de las personas con discapacidad visual.

4.2. Análisis de la Encuesta

4.2.1 Análisis de datos

1- ¿Tiene conocimiento o ha escuchado sobre las tecnologías 3D?

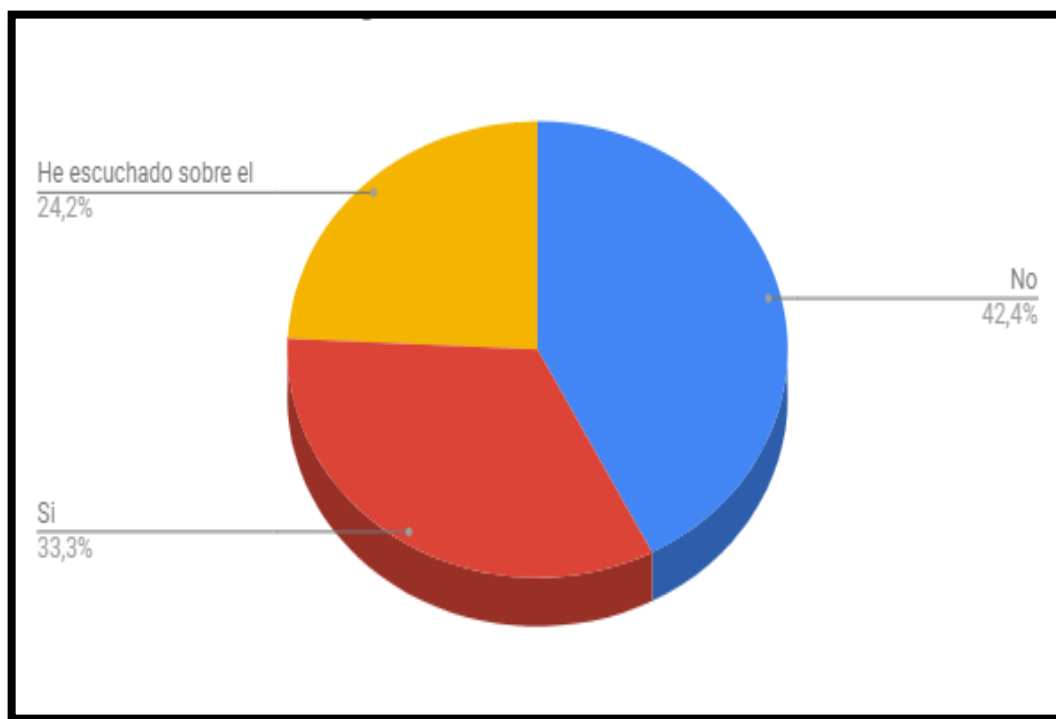


Grafica 1 ¿Tiene conocimiento o ha escuchado sobre las tecnologías 3D?

En el presente grafico se puede observar que un 63.3% de los participantes encuestados opina que sí. Lo que significa que la mayoría de personas participantes tienen conocimientos sobre las tecnologías 3D.

Se puede observar que a pesar de que la mayoría de las personas encuestadas opina que si tiene conocimiento sobre las tecnologías 3D existe también personas que no tienen muy claro todavía el tema de este tipo de tecnología como se puede observar en el grafico es un 33.3% y un 3% que no tiene conocimientos sobre el tema.

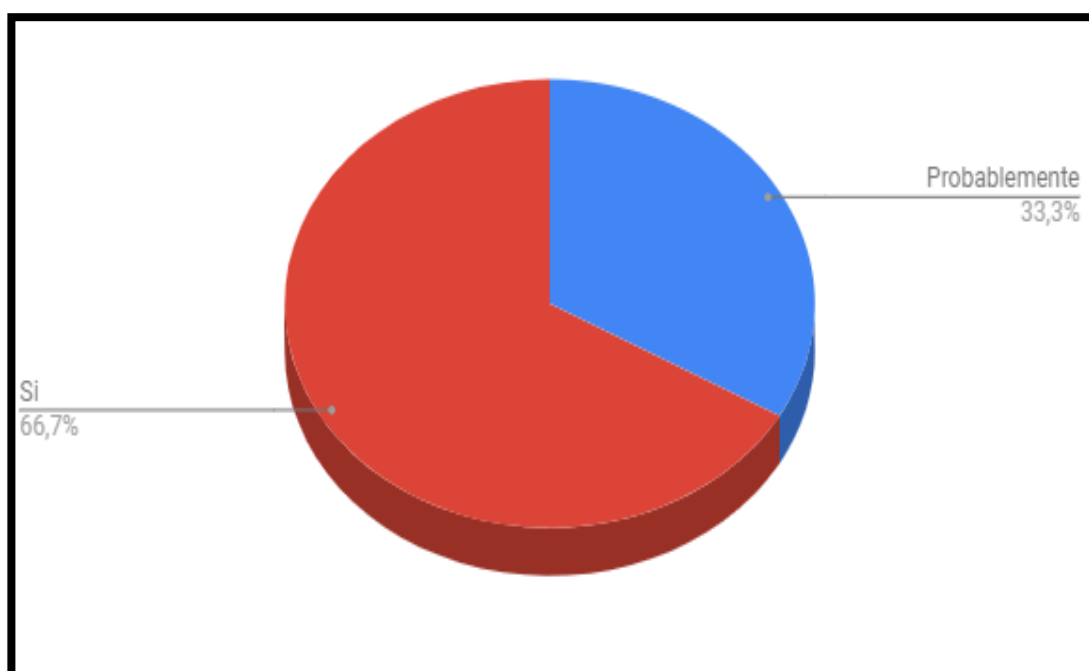
2- ¿Ha visitado el museo antropológico de la Universidad Tecnológica de El Salvador?



Grafica 2 ¿Ha visitado el museo antropológico de la Universidad Tecnológica de El Salvador?

En la segunda pregunta se puede observar que el 42.4% de los encuestados opina que no han visitado el museo antropológico de la Universidad Tecnológica. Esto permite poder realizar un mejor análisis al respecto debido a que la ejecución del proyecto sobre el escaneado de piezas culturales y antropológicas para imprimirlas en 3D permitiría motivar a que más personas visiten el museo. Como se muestra en el grafico un 33.3% opina que si ha visitado el museo y un 24.2% ha escuchado sobre él estos últimos tienen una gran similitud a los resultados de la primera pregunta.

3- ¿Cree posible implementar las tecnologías de escaneo e impresión 3D, para que personas no videntes tengan una mejor percepción sobre el patrimonio cultural de El Salvador?

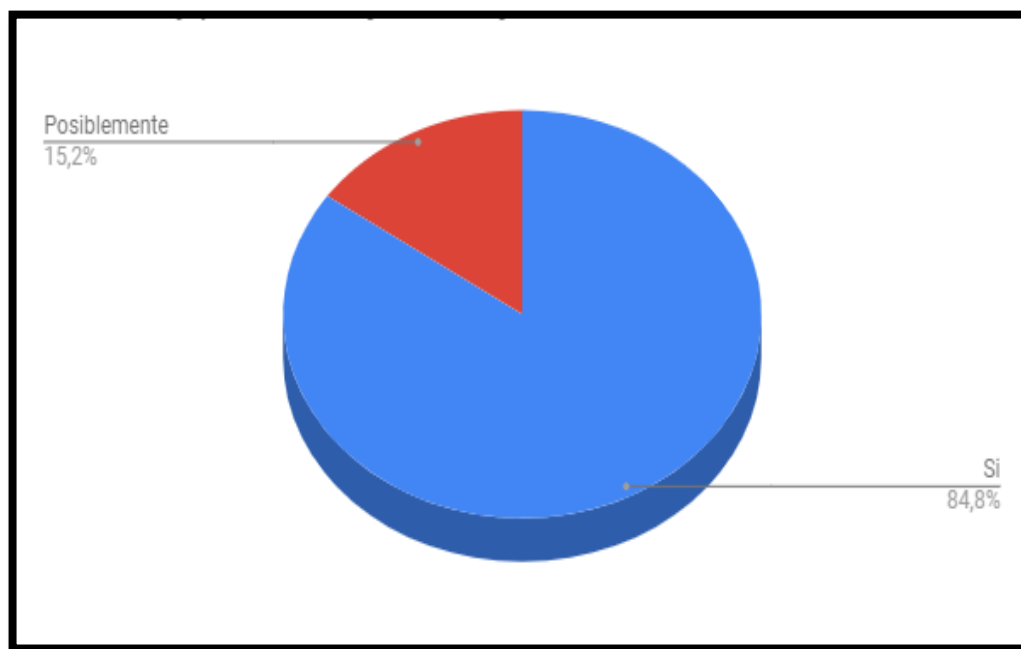


Grafica 3 ¿Cree posible implementar las tecnologías de escaneo e impresión 3D, para que personas no videntes tengan una mejor percepción sobre el patrimonio cultural de El Salvador?

Como se puede observar en los resultados de la tercera pregunta un 66.7% considera que la implementación de este tipo de tecnologías ayudaría a que las personas con discapacidad tengan una mejor percepción sobre las piezas que el museo da a conocer.

Un 33.3% opina que probablemente la implementación de este proyecto beneficiaría a las personas con discapacidad visual.

4- ¿Cree usted que una persona no vidente puede conocer y percibir mejor un objeto, utilizando el sentido del tacto?



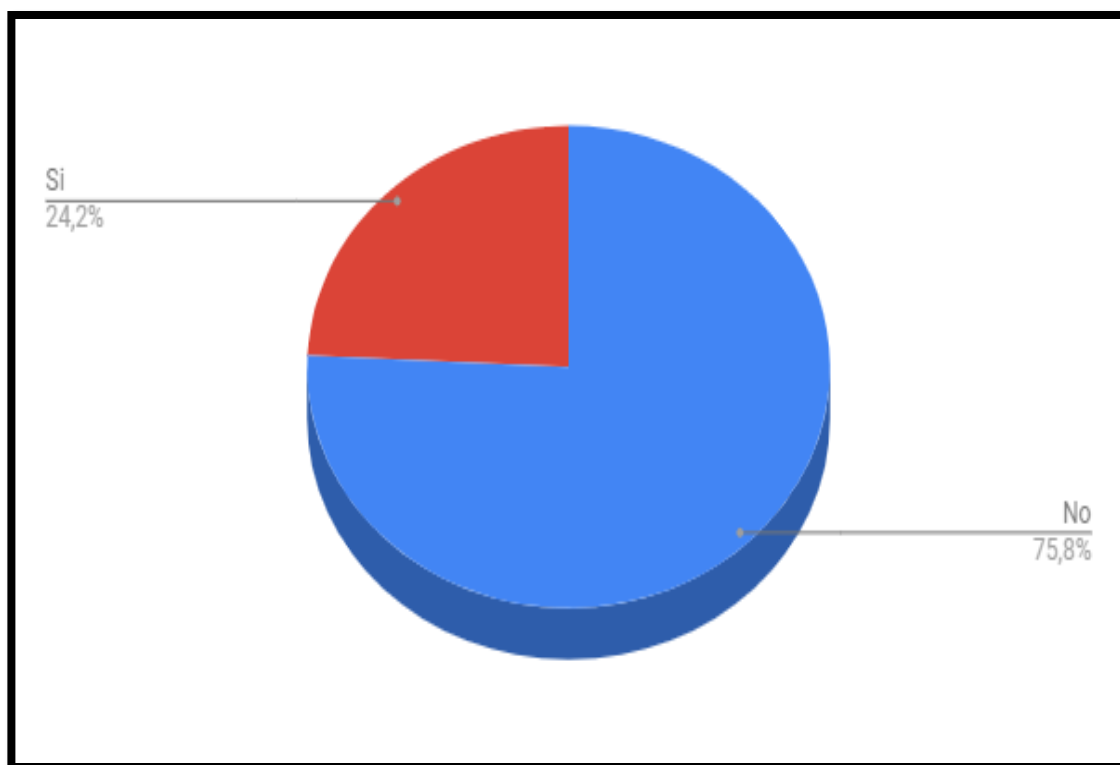
Grafica 4 ¿Cree usted que una persona no vidente puede conocer y percibir mejor un objeto, utilizando el sentido del tacto?

En la pregunta número cuatro se tiene como resultado que un 84.8% opina que una persona no vidente puede conocer y percibir mejor un objeto por medio del sentido del tacto y un 15.2% opina que posiblemente sí.

Lo que se puede observar es que existe una relación con respecto a los resultados obtenidos con las anteriores preguntas y permite poder deducir que las personas en su mayoría creen que las personas con discapacidad visual podrían percibir de mejor manera una pieza cultural o antropológica del museo.

Estos resultados permiten poder observar la viabilidad de poder desarrollar este tipo de proyectos y cuál sería la aceptación de las personas.

5- ¿Tiene usted algún familiar, amigo o conocido que posea alguna discapacidad visual?

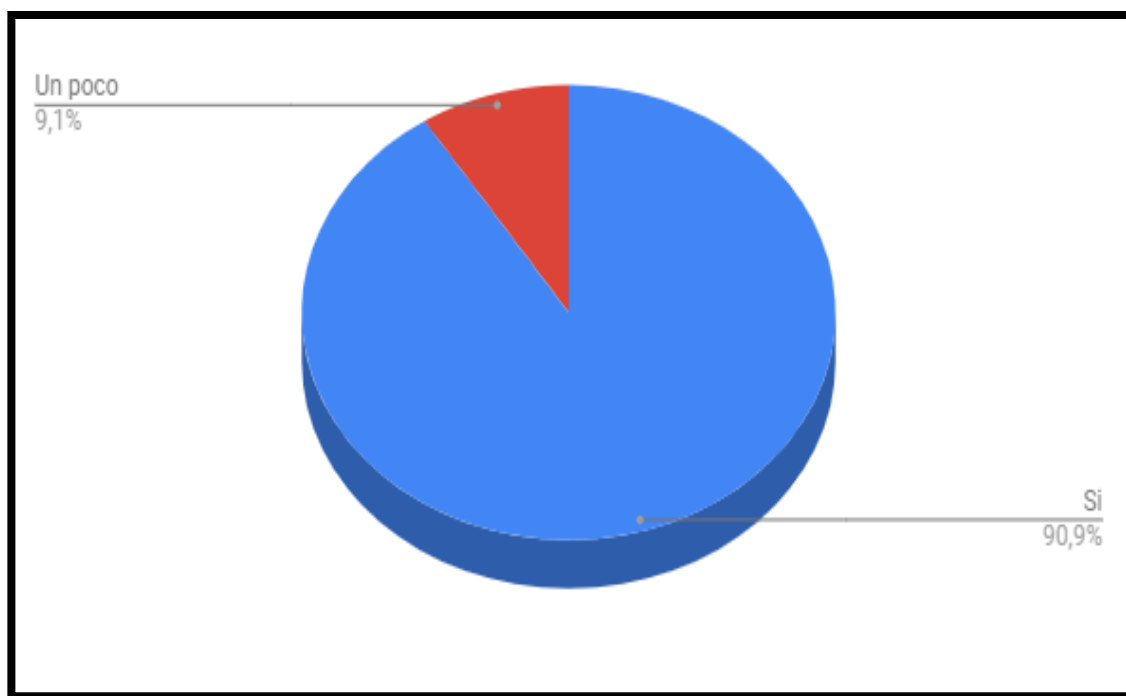


Grafica 5 ¿Tiene usted algún familiar, amigo o conocido que posea alguna discapacidad visual?

En el interrogante número cinco se preguntó si el participante tiene un familiar o amigo con alguna discapacidad visual el 75.8% respondieron que no y un 24.2% respondió que sí.

Con el resultado de esta pregunta se puede analizar que a pesar de que en su gran mayoría las personas respondieron que no tienen un familiar o amigo con discapacidad visual muestran un interés de aceptación en la ejecución de este tipo de proyectos en beneficio de las personas con discapacidad.

6- ¿Considera importante fomentar el interés por la cultura salvadoreña?

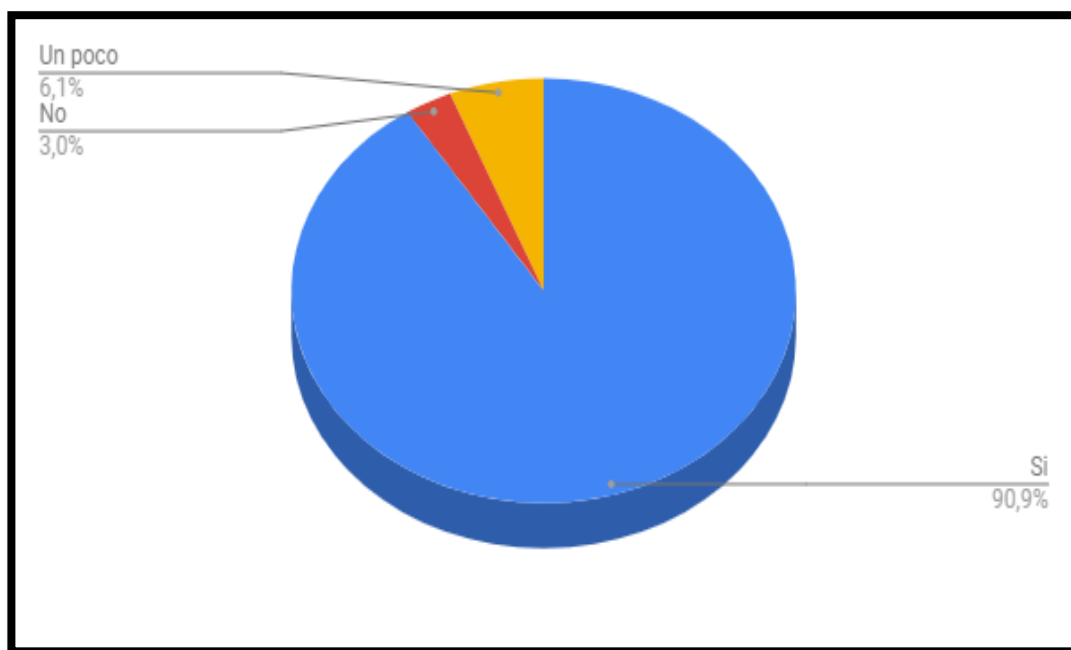


Grafica 6 ¿Considera importante fomentar el interés por la cultura salvadoreña?

La pregunta número seis hace la interrogante sobre si se considera importante fomentar el interés por la cultura salvadoreña la gran mayoría de los participantes considera que si específicamente un 90.9% cree que fomentar la cultura es sumamente importante y un derecho que no se les puede negar a las personas con discapacidad.

El 9.1% considera que es un poco importante el fomentar el interés por la cultura se puede analizar que en su gran mayoría considera a la cultura como un bien común cual todos tenemos derecho de conocer.

7- ¿Cree usted que es necesario crear un área cultural especial para personas no videntes, donde se encuentren réplicas de las piezas culturales hechas mediante impresión 3D, para que las personas con discapacidad visual sean capaces de manipular estas replicas?

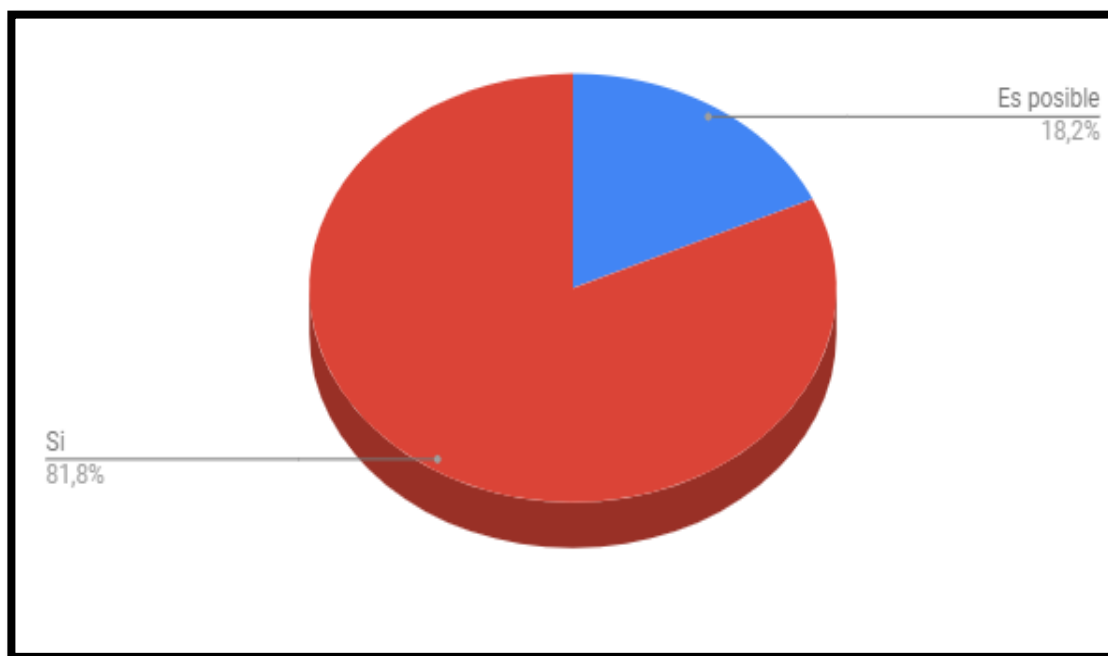


Grafica 7 ¿Cree usted que es necesario crear un área cultural especial para personas no videntes, donde se encuentren réplicas de las piezas culturales hechas

En el interrogante número siete sucede algo que anteriormente se había podido observar y es que a pesar de que en su gran mayoría las personas están de acuerdo con este tipo de proyectos en ayuda a las personas con discapacidad, se puede observar que siempre existe un pequeño porcentaje que opina que no o que no lo ve tan importante.

En el grafico número 7 se observa que la gran mayoría con un 90.9% opina que si es necesario la implementación de réplicas en el museo un 6.1% considera que un poco y un 3% opina que no es necesario la implementación de estas en el museo.

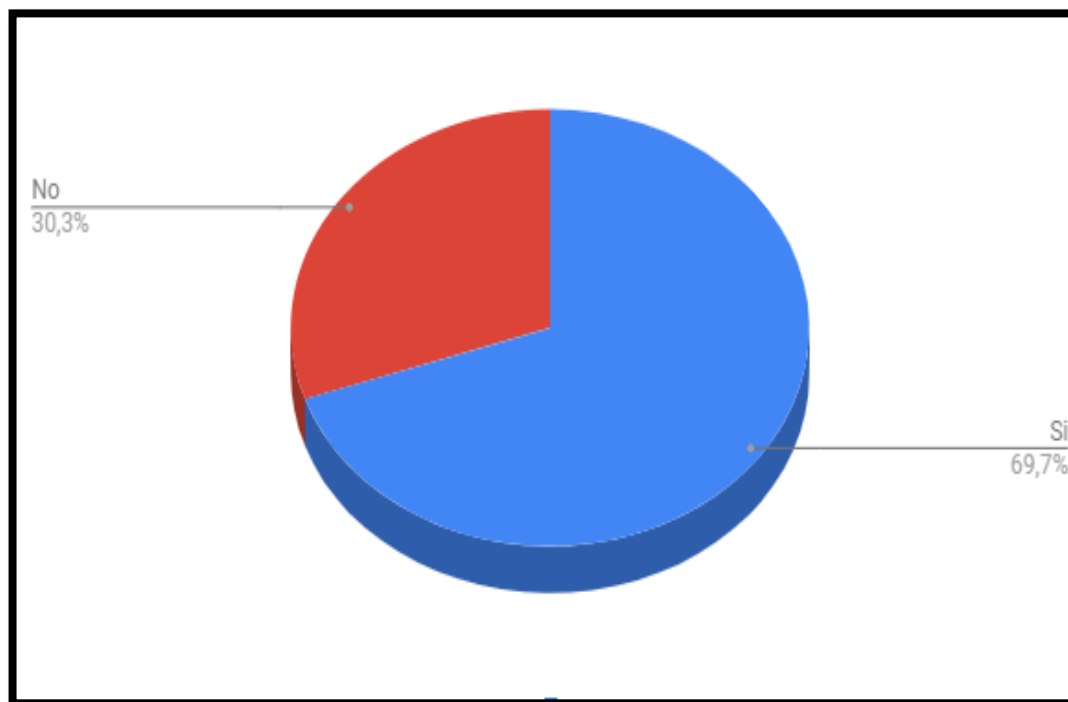
8- ¿Cree usted necesario fomentar más el conocimiento sobre las tecnologías 3D en la población salvadoreña?



Grafica 8 ¿Cree usted necesario fomentar más el conocimiento sobre las tecnologías 3D en la población salvadoreña?

Con el interrogante número ocho se obtiene que en su gran mayoría las personas encuestadas en específico un 81.8% consideran que es necesario fomentar el conocimiento sobre las tecnologías 3D en la población lo cual permite considerar que las personas ven de buena manera el beneficio que se pueden obtener de la implementación de este tipo de tecnología un 18.2% considera que posiblemente sea necesario.

9- ¿Considera usted que una réplica de un objeto impreso en 3D, es capaz de entregar la misma sensación de realidad que la pieza original?

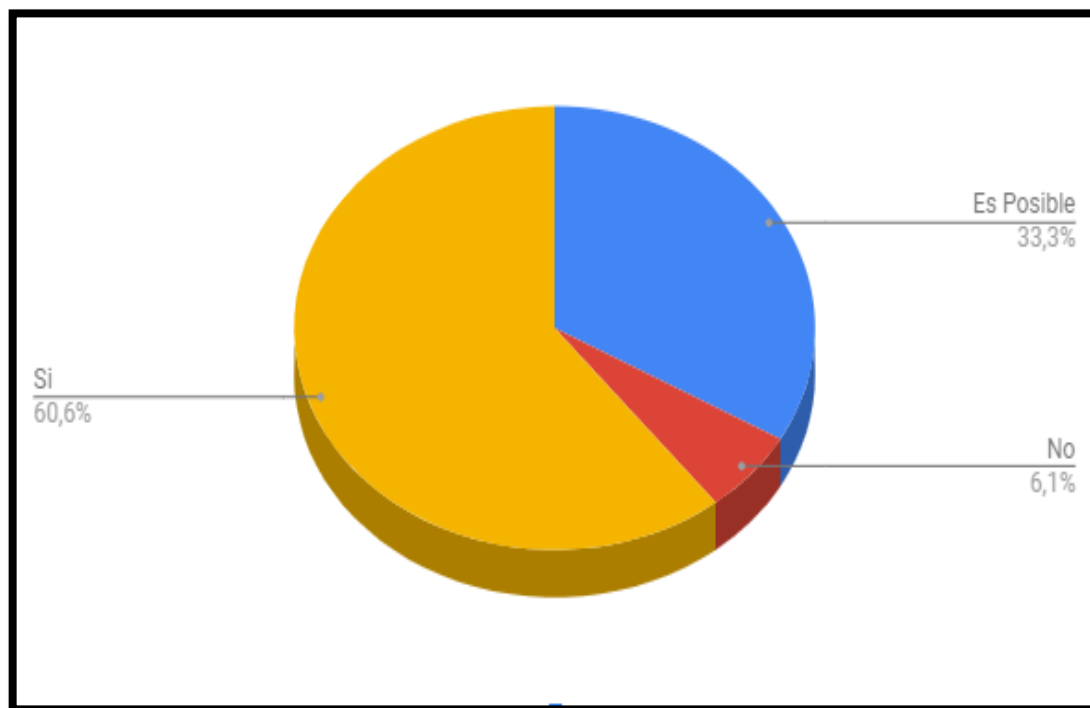


Grafica 9 ¿Considera usted que una réplica de un objeto impreso en 3D, es capaz de entregar la misma sensación de realidad que la pieza original?

En la pregunta número nueve se hace la interrogante si se cree que una réplica impresa en 3D entregaría la misma sensación de la pieza original el 69.7% opina que sí y el 30.3% opina que no.

Se puede decir que en específico que se obtuvo como resultado una opinión un poco dividida al respecto esto se puede deber a que no todas las personas como se pudo observar en las primeras interrogantes conocen sobre el tema de las tecnologías 3D y si estas tendrían la misma sensación que la original.

10- ¿Cree usted que al realizar una copia virtual en 3D de una pieza arqueológica para luego replicarla, ayudaría el desarrollo cultural de un país?



Grafica 10 ¿Cree usted que al realizar una copia virtual en 3D de una pieza arqueológica para luego replicarla, ayudaría el desarrollo cultural de un país?

En el interrogante número diez se obtuvieron los siguientes resultados el 60.6% considera que si, el 33.3% considera que puede ser posible y un 6.1% considera que no en su gran mayoría los participantes consideran que si podría beneficiar al desarrollo cultural del país la generación de réplicas culturales o arqueológicas.

También se puede observar que un pequeño porcentaje opina que “no”, lo cual tiene relación a los resultados de las preguntas anteriores donde se observa que existe un pequeño porcentaje que considera que este tipo de proyectos no beneficiaría a las personas con discapacidad.

11- ¿Cree usted que sería un beneficio para las personas no videntes con la realización de este proyecto? ¿Por qué?

En este interrogante la respuesta era abierta lo que significa que el participante no está obligado a seleccionar una opción en específico y poder dar su opinión sobre el tema y por qué considera que es lo correcto. En este caso la interrogante es sobre cuál sería el beneficio de las personas no videntes con la ejecución de este proyecto.

En su gran mayoría los participantes contestaron de una forma similar diciendo que si beneficiaria la ejecución de este tipo de proyectos para las personas no videntes, del total de participantes casi todos consideran esto como algo positivo y alrededor de una pequeña cantidad consideran que no habría beneficio.

Es este punto surge una similitud en las respuestas que se obtuvieron en esta pregunta con las demás ya que casi la mayoría de encuestados considera que es algo positivo, beneficioso y que tendría un gran alcance para las personas con discapacidad visual.

4.3. Análisis de producto terminado

4.3.1 Producto 1: Ciclop Escáner 3D

Conocer y tener acceso a la cultura es un derecho que todas las personas tienen, sin embargo, este derecho no siempre se cumple, en especial para las personas que poseen alguna discapacidad visual debido a que las instituciones culturales (como museos) no tienen un área específica para ellos donde puedan conocer la cultura de una mejor forma.

Debido a eso se quiere demostrar la posibilidad de demostrar réplicas de piezas culturales a base de escaneado e impresión 3D. Es conocido que las personas con discapacidad visual pueden conocer el mundo mediante el tacto, gracias a esas replicas

ellos podrían manipular las piezas culturales para conocerlas mejor y saber de qué se les está hablando.

El kit de escáner 3D que se seleccionó para realizar el proyecto cuenta con todas las características necesarias para poder lograr el objetivo que se desea, además es de código abierto lo cual permite utilizar cualquier tipo de software que mejor se acople.



Imagen 16 Kit Ciclop armado

Para adquirir el escáner 3D, primero se realizaron las evaluaciones técnicas y económicas, donde se decidió que el "Escáner Ciclop 3D" cumplía con las funciones requeridas y por supuesto al alcance de nuestra economía.

El ciclop escáner 3D está compuesto por los siguientes elementos:

- Cámara Logitech C270 HD
- Fuente de alimentación 12 V 1.5 A
- Placa controladora: ZUM BT-328
- Dos láseres lineales Clase 1
- Motor paso a paso Nema (1.7 A 1.8 deg/step)
- Base de metacrilato 200 x 8 mm

- Varillas roscadas
- Patrón rectangular de metacrilato
- Rodamiento axial de bolas 16014
- Superficie antideslizante 200 mm
- Piezas impresas en PLA



Imagen 17 Partes de escáner 3D ciclop

Uno de los pasos más importantes para el desarrollo de este proyecto es el ensamble del escáner Ciclop Escáner 3D (Este apartado se podrá encontrar en anexos)

Finalmente se podrá decir lo siguiente del Ciclop Escáner 3D

- El escáner es de fácil ensamble.
- El escáner al ser de código abierto, permite ser compatible con diferentes softwares.
- El escáner es compacto, lo cual significa que no utilizará mucho espacio en nuestro entorno.

- Al ser un escáner económico puede presentar errores a la hora de escanear, sin embargo, se logran obtener resultados decentes.

4.3.2 Producto 2: Modelado Digital 3D

El escáner 3D (Ciclop) debido a ser compatible con software libre permite poder trabajar con HORUS, Este es un software libre que permitirá poder realizar escaneados por medio del escáner y poder obtener un archivo de nube de puntos, (esta nube de puntos facilita el modelado en tercera dimensión, Debido a que esta representa los ejes (X, Y, y Z,) del objeto a escanear y posteriormente convertirlo en un sólido en tercera dimensión por medio de otro software capaz de trabajar con nubes de puntos que permitirá obtener un archivo listo para ser impreso. (Arroyo, 2015)

Para poder obtener el archivo 3D final, es necesario seguir una serie de procesos los cuales son:

- Obtención de la nube de puntos.

La nube de puntos se obtiene por medio del software llamado HORUS, el cual es compatible con el hardware de Ciclop para el escaneado. (Los pasos a seguir para la obtención de nubes de punto se podrá encontrar en anexos)

- Creación de objeto en 3D, basado en la nube de puntos obtenida.

Una vez obtenida la nube de puntos brindada por el software de escaneado, se procesa por medio de algún software capaz de trabajar con archivos en formato “.PLY” que es el formato asignado a los documentos creados por HORUS, en este caso se optó por MeshLab, esta es una herramienta avanzada de procesamiento de mallas 3D y un sistema de software muy utilizado en campos más técnicos de desarrollo 3D y manejo de

datos. MeshLab es libre y es software de código abierto, bajo la licencia GNU (GPL). Se utiliza como un programa completo y como biblioteca para otros softwares.

(Papageorgiou, 2017)



Imagen 18 Programa meshlab

Luego de todo el proceso de modelado digital se puede decir que:

- Modelado compatible con la mayoría de software de edición 3D.
- Modelado con gran similitud a la pieza a escanear
- Modelado con la mayoría de software de impresión en 3D

4.3.3 Producto 3: Replica demostrativa

Al realizarse réplicas de piezas culturales para que sean manipuladas por el público, la pieza original no corre el riesgo de ser dañada, de esa forma las personas no videntes pueden escuchar acerca de la pieza y al mismo tiempo palparla para entender de qué se trata.

Para el escaneo de la pieza cultural del museo UTEC, se pedirá la previa autorización de las autoridades correspondientes para tener accesibilidad a dicha pieza.

El objeto debe tener un máximo de 205mm de alto y 205mm de diámetro, con un peso aproximado de 1Kg. Para un mejor resultado, se recomienda que la figura a escanear no sea tan refractiva, para no generar conflicto con los láseres (ver imagen 19).

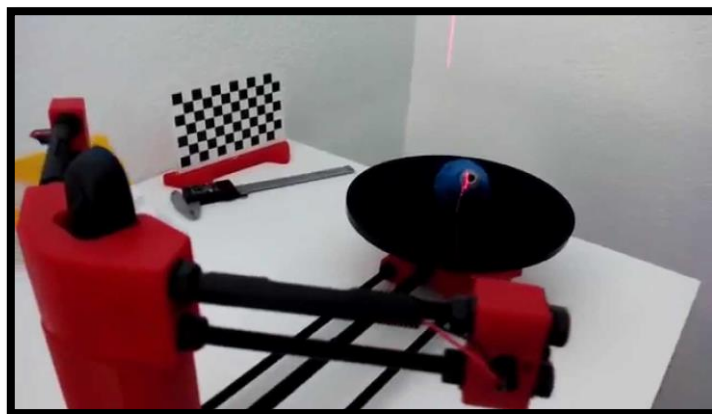


Imagen 19 Proceso de escaneado de pieza

Una vez autorizados para manipular la pieza cultura, se procederá a la utilización del escáner para obtener la réplica de la pieza. Luego de haber realizado el proceso de escaneo de la figura y de haber obtenido el archivo digital que será utilizado para imprimir en 3D, se procederá a la utilización de la impresora 3D (Con previa autorización de las autoridades correspondientes), que se encuentra en el Laboratorio de Tecnologías Avanzadas ubicado en la quinta planta del Edificio Francisco Morazán. Finalmente se espera obtener una réplica con buena calidad a la hora de ser impresa, que sea lo más parecido y que entregue la misma similitud que a la original.

Capítulo V

Conclusiones

5.1 Conclusión

Con la investigación realizada se puede determinar que la implementación de las tecnologías 3D en el área cultural generaría un impacto positivo, ayudando al desarrollo y prevalencia de la cultura y patrimonio de nuestro país.

Además de ello, se vería beneficiado un sector muy afectado dentro de nuestra sociedad como lo es el sector de las personas con discapacidad visual. Se sabe que el tacto es el sentido con el que ellos pueden conocer el mundo, debido a esto es realmente complicado que ellos conozcan nuestra riqueza cultural.

Se puede comprender que las personas no videntes tienen mayor dificultad para percibir la cultura debido a que la mayoría de reliquias o huellas culturales de nuestros antepasados son: vasijas, Pinturas, o tallados, que debido a su valor histórico y cultural solo se pueden apreciar de manera visible, y esto es un gran impedimento para las personas no videntes.

Con la implementación de un escáner 3D y la impresión 3D, se podrían crear réplicas de las piezas culturales, haciendo que las personas con discapacidad visual al momento de visitar un museo no solo obtengan la información de forma oral, sino que puedan palpar la pieza cultural para conocerla de mejor manera, generando así un aprendizaje más dinámico y divertido, teniendo como efecto que las personas con discapacidad visual y personas en general recuperen el interés por la cultura, un área que en los últimos años ha sido muy afectado y ha perdido la importancia que se le debe dar.

El escáner 3D es una herramienta que ha venido creciendo y siendo más utilizada durante los últimos años, generando así un gran impacto en área como la medicina, la educación, la ingeniería y arquitectura, entre otras áreas, todo esto debido a la gran cantidad de aplicaciones de la misma.

Se puede concluir que este tipo de tecnología seguirá teniendo un considerable crecimiento en un futuro inmediato por lo cual se considera de mucha importancia que sea utilizada en diferentes áreas de nuestra vida y más específicamente si se trata de beneficiar a personas con algún tipo de discapacidad.

Para este proyecto, se recomienda utilizar una impresora de alto rendimiento, como por ejemplo “Da Vinci 1.0 Pro 3-in-1” la cual es una impresora 3D y a la vez escáner, siendo una estación de trabajo que permite imprimir con filamento plástico de otros fabricantes y G-code. El escáner 3D alojado en su interior y el complemento opcional de grabado por láser aportan toda la funcionalidad necesaria para trabajar.

Esta impresora es capaz de trabajar con materiales como acrilonitrilo butadieno estireno(ABS), El ácido poliláctico o poliácido láctico (PLA), filamento Premium Negro Poliestireno o High impact Polystyrene (HIPS).

La impresora es compatible con Windows 7, 8, 8.1, 10 (64Bits) Requiriendo 8GB de RAM, 20GB de disco duro, procesador i5 4° generación, similar o superior. Además, es compatible con MacOS desde la versión 10.10 en adelante, requiriendo 8GB de RAM y 20GB de espacio en almacenamiento. (LAP GmbH Laser Applikationen, 2019).

Referencias

- Arroyo, J. (2015). *ZUM SCAN released under CC-BY-SA license*. Recuperado de <http://diwo.bq.com/en/zum-scan-released-2/>
- Arroyo, J. (2015). *Horus liberado con licencia GPL*. Recuperado de <http://diwo.bq.com/horus-released/>
- Casas Anguita, J., Donado Campos, J. y Repullo Labrador, J. R. (mayo, 2003). La encuesta como técnica de investigación. Elaboración de cuestionarios y tratamiento estadístico de los datos (I). *Atención Primaria*, 31(8), 469-558. Recuperado de <https://www.elsevier.es/es-revista-atencion-primaria-27-articulo-la-encuesta-como-tecnica-investigacion--13047738>
- Coelho, F. (2019). *Significado de metodología: ¿Qué es metodología?*. Recuperado de <https://www.significados.com/metodologia/>
- Dtrewren. (2019). *Ciclop 3D scanner (BQ & Horus)*. Recuperado de <https://www.instructables.com/id/Ciclop-3D-Scanner-BQ-Horus/>
- Dutriz Hermanos. (20 de abril del 2017). Poco acceso a empleo formal para personas con discapacidad: Organizaciones de personas ciegas realizaron congreso sobre desarrollo. *Laprensagrafica.com*. Recuperado de <https://www.laprensagrafica.com/elsalvador/Poco-acceso-a-empleo-formal-para-personas-con-discapacidad-20170420-0093.html>

- El Pensante. (2016). *La investigación de campo: Definición de investigación*. Recuperado de <https://educacion.elpensante.com/la-investigacion-de-campo/>
- Eximbanker.com. (s. f.). *Historia de escáner láser 3D*. Recuperado de <https://www.eximbanker.com/40666506/>
- Factum Arte. (2019). *Digitalización en 3D para conservación del patrimonio cultural*. Recuperado de <http://www.factum-arte.com/pag/706/Digitalizaci%C3%83%C2%B3n-en-3D-para-conservaci%C3%83%C2%B3n-del-patrimonio-cultural>
- Henneo. (29 de enero del 2014). El escaneo y la impresión en 3D acercan el arte a las personas con discapacidad visual. *20minutos.es*. Recuperado de <https://www.20minutos.es/noticia/2043732/0/escaneo-impresion-3d/arte/ciegos-discapacidad-visual/>
- LAP GmbH Laser Applikationen. (2019). *Lasers for projection of lines, points and crosses: Description of function and use of positioning lasers*. Recuperado de <https://www.lap-laser.com/products/linelaser-portfolio>
- MCI Electronics. (s. f.). *¿Que es Arduino?*. Recuperado de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Mecafenix, F. (2017). *Motor paso a paso ¿qué es y cómo funciona: ¿Qué es un motor paso a paso?*. Recuperado de <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/motor-paso-a-paso/>

- Merino, M., Pérez Porto, J. (2012). *Definición de cuantitativo*. Recuperado de <https://definicion.de/cuantitativo/>
- Nárvaez, G. (2014). *Selección de la muestra del proceso de investigación: Muestreo*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/gambitguille/seleccion-de-la-muestra-en-investigacion>
- Ocampo Botello, F., Pérez Vera, M. G. y Sánchez Pérez, K. R. (julio, 2015). Aplicación de la metodología de la investigación para identificar las emociones. *RIDE, Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 6(11), 5-6. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=498150319048>
- Papageorgiou, M. (2017). *¿Cómo arreglar tus archivos 3D con Meshlab?: ¿Qué es Meshlab?*. Recuperado de <https://formizable.com/como-arreglar-tus-archivos-3d-con-meshlab/>
- Significados.com. (2017). *Significado de encuesta: ¿Qué es encuesta?*. Recuperado de <https://www.significados.com/encuesta/>
- Vallejo, F. (06 de abril del 2017). Arduino: ¿Qué es? ¿qué puede hacer? [Entrada en el blog]. Recuperado de <https://www.ibertronica.es/blog/productos/arduino/>
- Villaverde de Medina. (2007). *PLA: ¿Qué es el ácido poliláctico?*. Recuperado de <http://www.eis.uva.es/~biopolimeros/alberto/pla.htm>

Anexos

Ensamble de Escáner 3D Ciclop

Paso 1: Ensamble de base giratoria

Piezas necesarias para el montaje de la base giratoria (Ver figura 1):

- Balero
- Tres tornillos con sus tuercas
- Piezas impresas de chasis de escáner

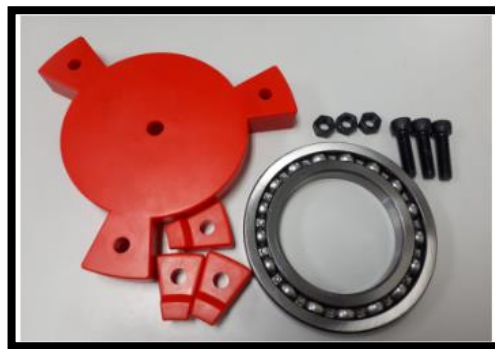


Figura 1 Partes de base giratoria

Se coloca el balero en el chasis de la base, colocando sus debidos seguros, tornillos y tuercas (Ver figura 2).



Figura 2 Colocación de balero en el chasis

Paso 2: Ensamblaje de motor pasó a paso en la Base

Se monta el motor pasó a paso de tal forma que el eje del motor sobresalga de la base, se fija con 4 tornillos en la base. (Ver figura 3)



Figura 3 Colocación de moto paso a paso

Paso 3: Ensamble de la estructura

Para el ensamble de la estructura se utilizan 4 varillas $\frac{1}{4}$ de 15cm, 2 varillas $\frac{1}{4}$, de 40cm y la varilla $\frac{1}{4}$, de 30cm, tuercas, arandelas y el chasis del escáner (ver figura 4 y 5).



Figura 4 Partes que componen la estructura



Figura 5 Ensamble de la estructura

Paso 4: Se introduce la base del motor en las varillas, asegurándolo con sus respectivas tuercas y arandelas (ver figura 6).



Figura 6 Base del motor en estructura

Paso 5: luego se colocan las varillas de 15cm de largo en la parte superior de la estructura, las cuales sostendrán a los láseres. Las varillas irán acompañadas de sus respectivas tuercas y arandelas (ver figura 7).



Figura 7 Colocación de varillas para los laser

Paso 6: Se coloca el soporte de los láseres ajustándolos con sus respectivas tuercas y arandelas (ver figura 8).

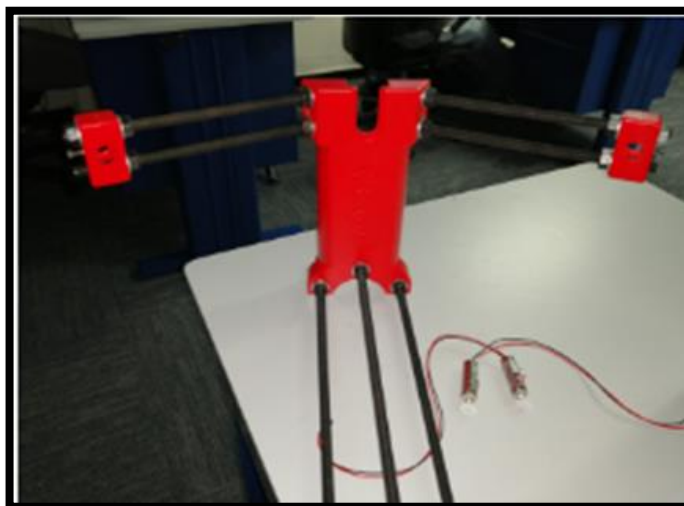


Figura 8 Colocación de soporte para los laser

Paso 7: Se colocan los láseres en los orificios de los soportes, luego con un destornillador ajustan los tornillos para asegurar bien los láseres (ver figura 9).

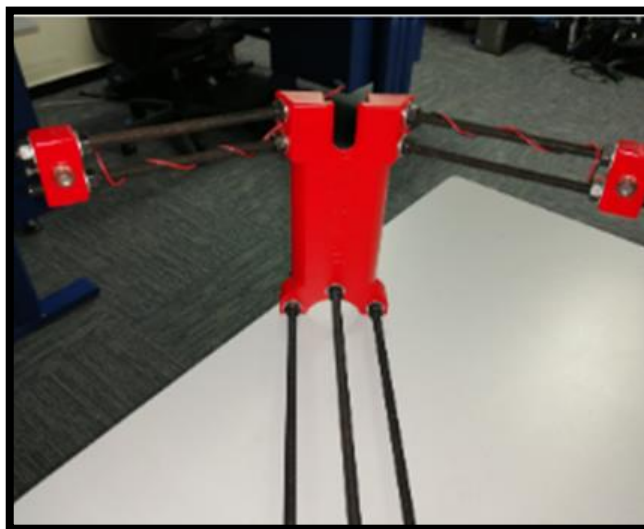


Figura 9 Se colocan los láseres

Paso 8: Se coloca la placa controladora en la parte posterior de la estructura, la cual ira asegurada con 4 tornillos (ver figura 10).



Figura 10 Colocación de la paca en la estructura

Paso 9: Una vez montada la placa, se procede a conectar los 2 láseres y el motor paso a paso (ver figura 11).



Figura 11 Se conectan los dos láseres en la placa

Paso 10: Se coloca la base que contiene al balero sobre la base que contiene al motor paso a paso (ver figura 12).

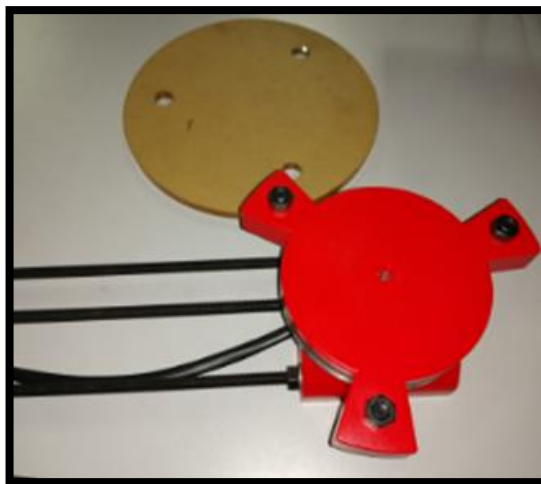


Figura 12 Se coloca la base del balero sobre la base del motor

Paso 11: Luego se coloca el disco de metacrilato sobre la base giratoria. (ver figura 13).



Figura 13 Se coloca el disco de metacrilato

Paso 12: Finalmente en la parte superior de la estructura se coloca la cámara. Esta debe quedar fija para no tener problemas a la hora de escanear (ver figura 14).



Figura 14 Se coloca la cámara

Obtención de Nube de Puntos

La nube de puntos se obtiene por medio del software llamado HORUS, el cual es compatible con el hardware de ciclop para el escaneado.

Pasos para realizar el escaneado y obtener nube de puntos por medio de HORUS:

Paso 1: Inicio de HORUS

Una vez abierto el programa de Horus se presentará un cuadro de opciones en el cual se selecciona la opción de wizard (ver figura 15).



Figura 15 Inicio del programa Horus

Paso 2: Conectar el hardware

Se conecta la fuente de alimentación de 12V a la placa del escáner ciclop y se conecta la conexión del cable USB tipo "A" entre la placa de ciclop y la computadora.

Una vez terminado la conexión de los cables, se da clic sobre la opción de conectar para poder sincronizar el hardware con el pc (ver figura 16).

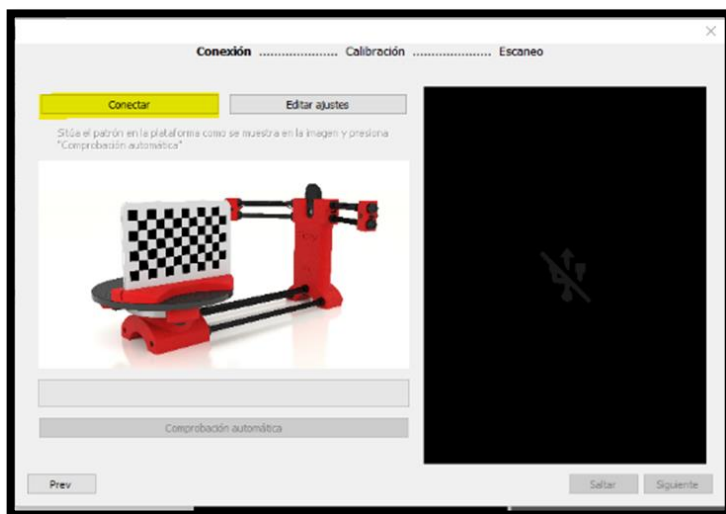


Figura 16 Sincronización de la pc con el hardware

Paso 3: Configuración del hardware

Se Selecciona la opción de editar ajuste, y se configura la, luminosidad, dirección de giro del motor, la distancia del patrón tomando en cuenta la base y la primera esquina de un recuadro, del patrón de calibración, y se le da clic a “ok” para guardar cambios (ver figura 17).

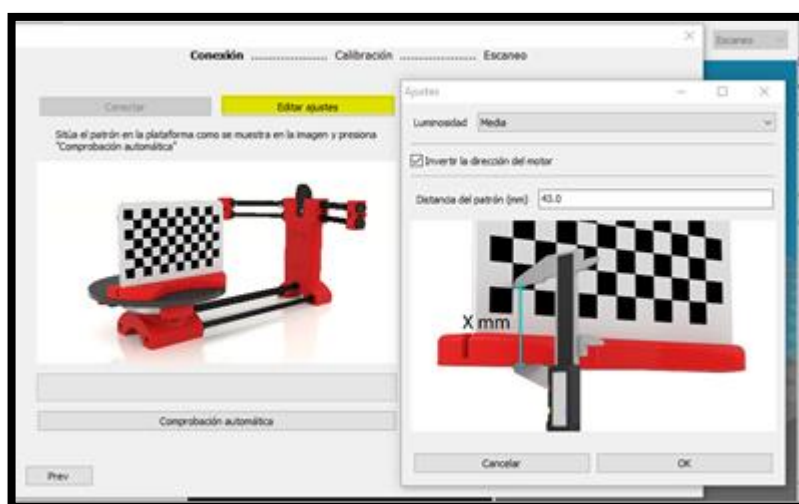


Figura 17 Configuración del hardware

Una vez guardados los datos, se inicia la opción de comprobación automática la cual permite verificar automáticamente la conexión correcta del hardware del escáner a la configuración anterior, una vez finalizado el proceso, se selecciona la opción siguiente (ver figura 18).

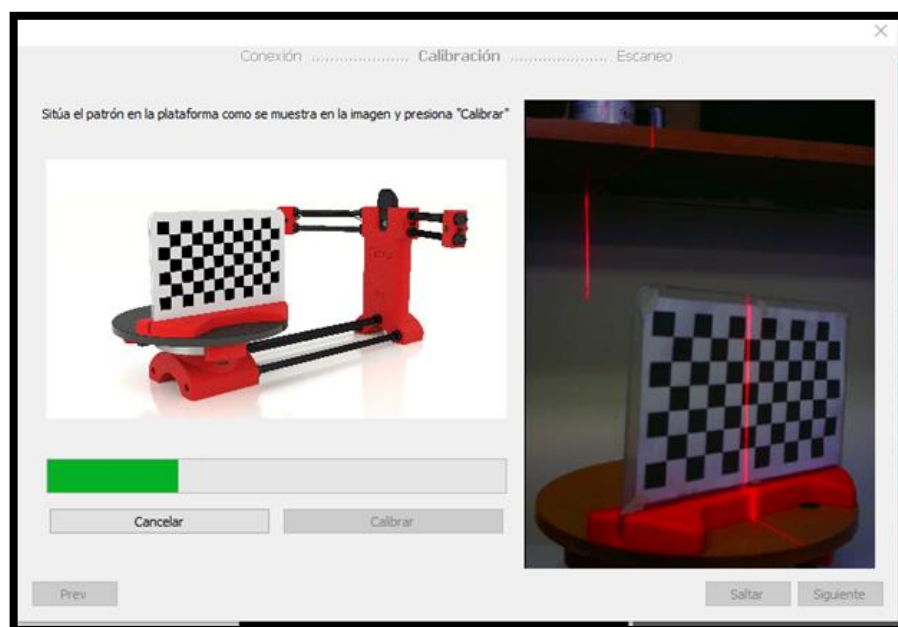


Figura 18 Comprobación automática

Paso 4: Configuración de escaneo.

Se selecciona la resolución deseada para poder tener un escaneo optimo, se toma en cuenta con cuantos láseres se quiere realizar los escaneados, y se selecciona el tipo de escaneo, que en este caso es recomendable el escaneo con texturas que es lo que se requiere. Una vez seleccionada la configuración deseada se le da clic a siguiente (ver figura 19).

Luego de haber realizado todas las configuraciones tanto del hardware como del software se puede proceder a realizar el escaneado donde se obtiene la nube de puntos.

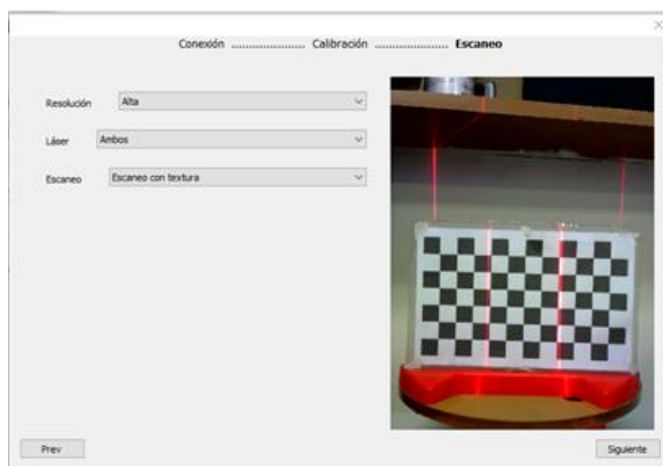


Figura 19 Configuración de escaneo

Paso 5: Proceso de escaneado

Una vez en el apartado de escaneado, se inicia el proceso de escaneado con el botón de inicio (PLAY). Que se encuentra en el lado Superior izquierdo, si no se logra distinguir el objeto se debe configurar en el apartado de Adquisición de imagen (ver figura 20).

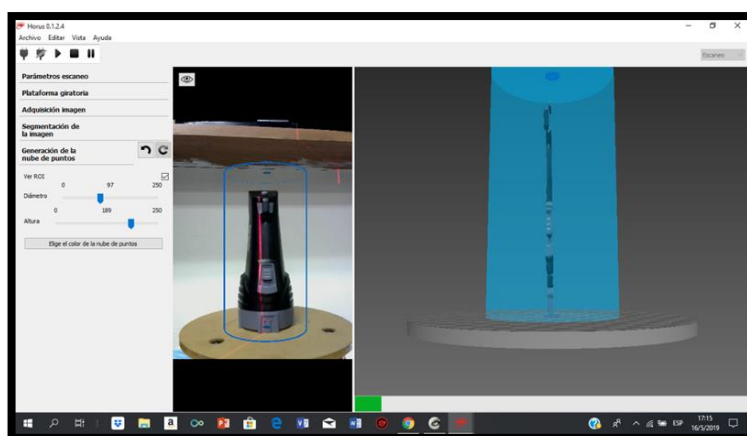


Figura 20 Proceso de escaneado

Se verifica que la nube de puntos sea lo más parecido posible al objeto que se escaneo, Es posible que algunas partes del objeto no estén muy definidas o hallan partes donde no se encuentren puntos. Si estos puntos pertenecen a una superficie plana, estos huecos se rellenarán automáticamente con el software de MeshLab (ver figura 21).

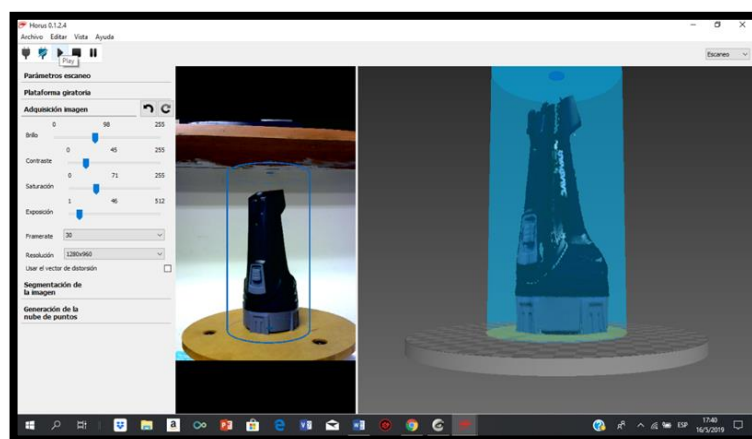


Figura 21 Verificación de la nube de puntos

Paso 6: Guardado de la nube de puntos

Se selecciona la pestaña de Archivo y se le da clic a la opción de guardado, se selecciona la dirección deseada para guardar el (ver figura 22).

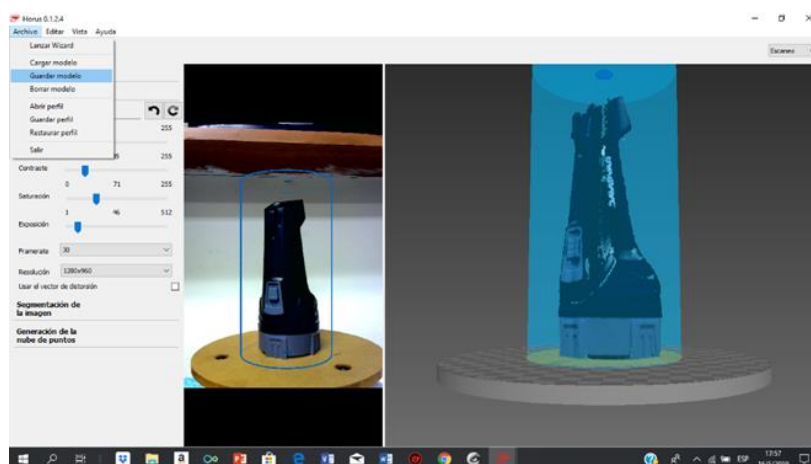


Figura 22 Guardado del archivo

Creación de Objeto 3D con MeshLab

Una vez obtenida la nube de puntos brindada por el software de escaneado Horus, se procesa la nube de puntos por medio de algún software capaz de trabajar con archivos (.PLY) que es el formato asignado a los documentos creados por Horus, en este caso optó por MeshLab.

Paso 1: Abrir ficheros. PLY en MeshLab

Abrir la nube de puntos en MeshLab. Esta nube de puntos tiene la extensión “.ply”. Abrir MeshLab en la pantalla principal de la aplicación se observa el menú en la parte superior, debajo de este una barra de tareas y, por último, un visualizador 3D que ocupa la mayor parte de la ventana (ver figura 23).

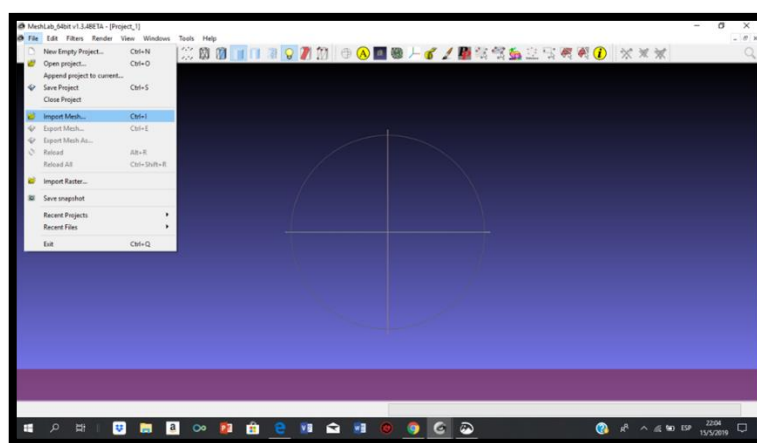


Figura 23 Interfaz del programa

Elegir el modelo de puntos (.ply): en la ventana Importar Mesh selecciona el archivo de la nube de puntos que quieras importar y pulsa el botón Abrir. El software de escaneo Horus guarda por defecto las nubes de puntos como archivos con formato “.ply” (ver figura 24).

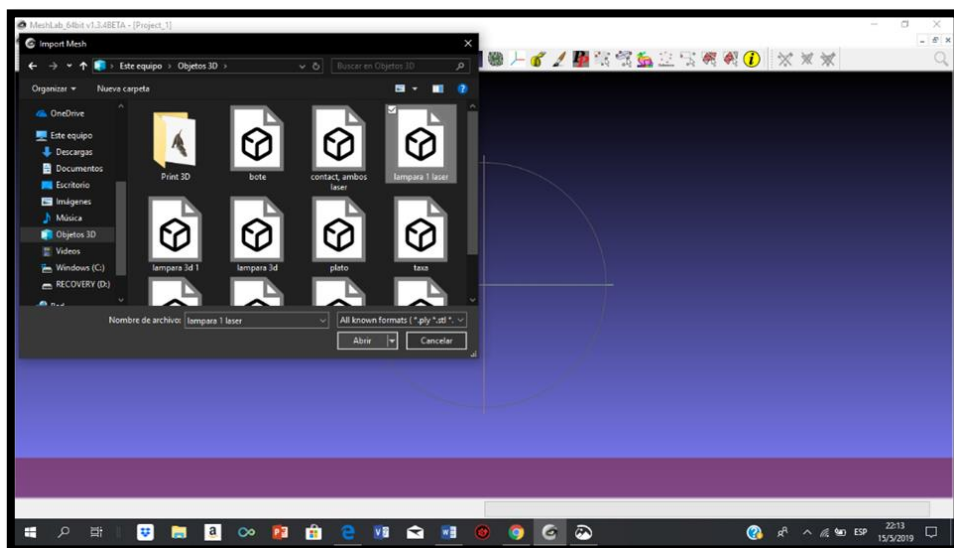


Figura 24 Importar archivo ply

Una vez esta seleccionada la nube de puntos se representará de la siguiente forma (ver figura 25) después se debe seguir con el siguiente paso que es la limpieza de la nube de puntos.

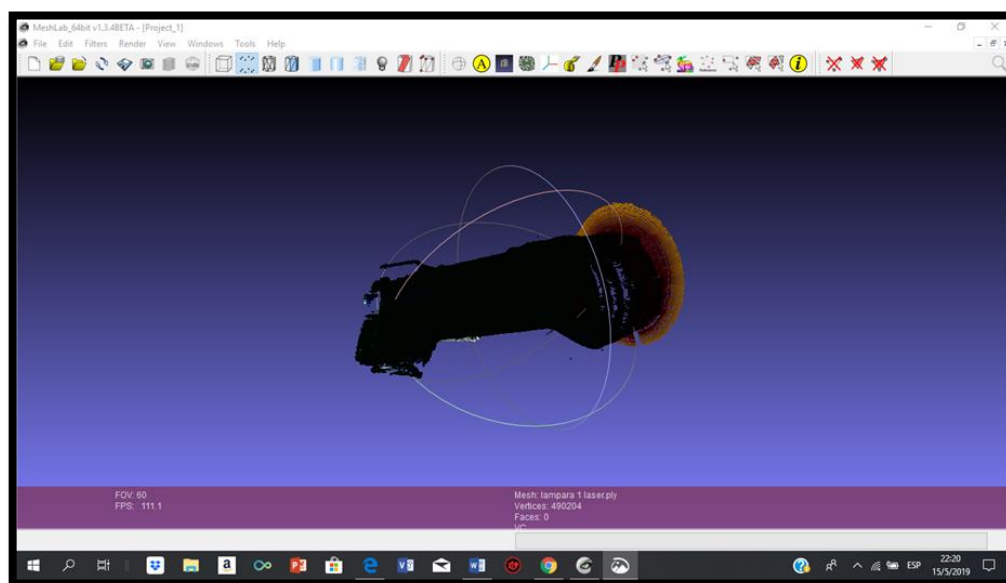


Figura 25 Representación de la nube de puntos en el programa

Paso 2: Limpieza de la nube de puntos.

Es posible que la nube de puntos no sea perfecta y contenga puntos de ruido o simplemente, puntos que no deberían formar parte del modelo final. MeshLab permite seleccionar y eliminar puntos de la nube.

En la barra de tareas superior está la herramienta Seleccionar vértices (Select vertex) que permite seleccionar puntos situados en un espacio de tres dimensiones con un rectángulo, que es una figura de dos dimensiones (ver figura 26).

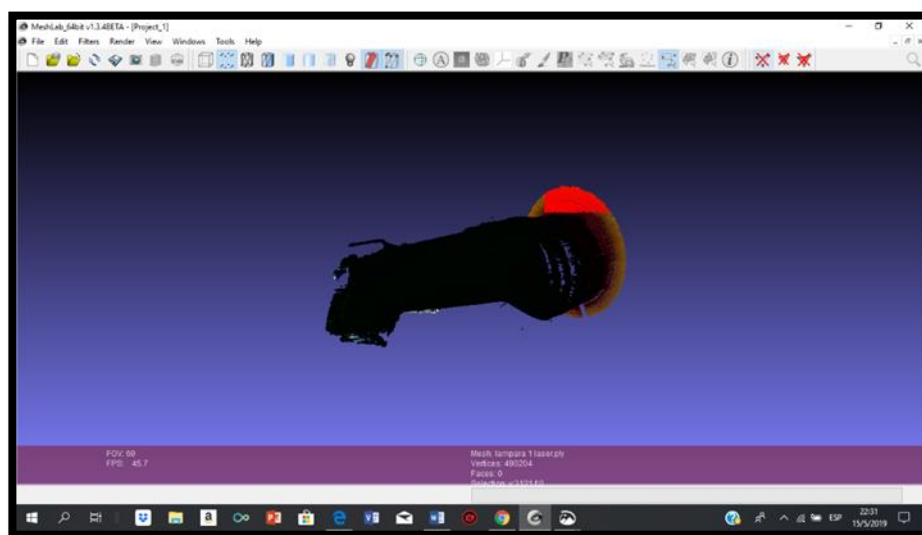


Figura 26 Selección de vértice

Paso 3: Ventana calcular normales

En esta ventana se modifica el valor del Número de vecinos (Neighbour number) que representa el número de puntos cercanos que debe tener uno de ellos para calcular la normal. Se recomienda utilizar 10, 50 o 100 como valor inicial. Es posible que tengas que modificar este valor más adelante. Se recomienda mantener el resto de valores por defecto. Una vez modificado el parámetro, pulsa el botón Aplicar (Apply).

El programa tarda unos segundos en calcular las normales. Cuando termine, pulsa el botón Cerrar (Close).

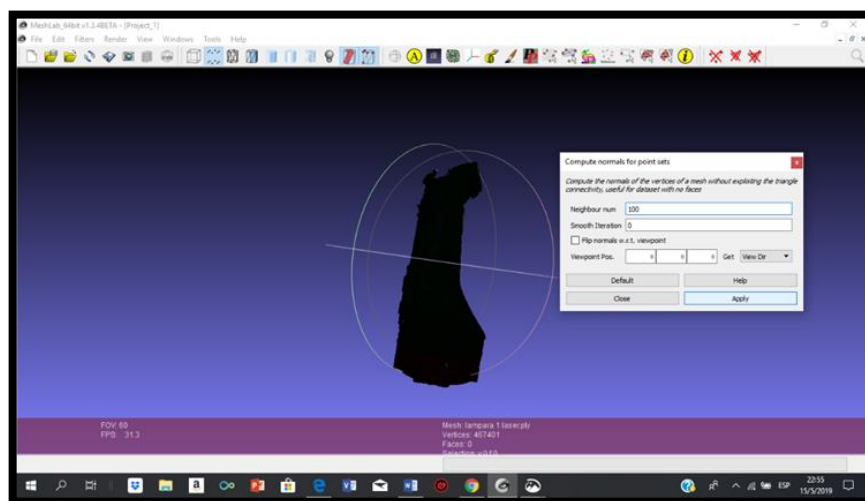


Figura 27 Calculo de normales

Paso 4: Mostrar las normales

Por lo general, las mejores reconstrucciones se consiguen cuando el sentido de las normales es hacia fuera del objeto. Para mostrar las normales se pulsa en la pestaña Render > Mostrar Normales/Curvatura (ver figura 28).

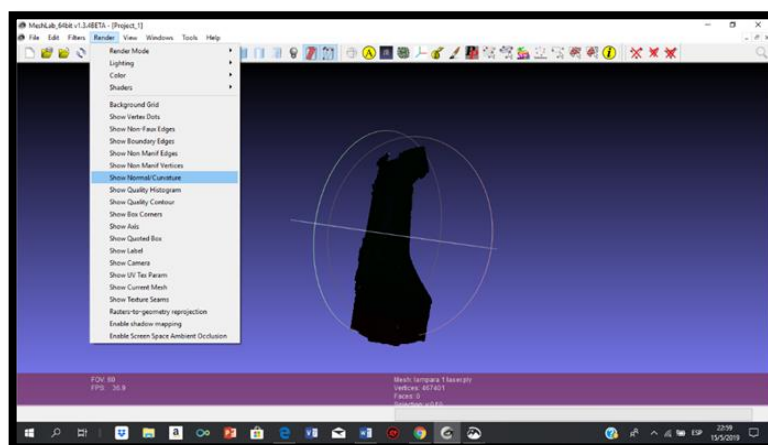


Figura 28 Menú mostrar normales

Paso 5: Ver las normales

Las normales aparecen representadas por líneas de color azul sobre la superficie de la nube de puntos. No siempre se consigue que todas las normales estén situadas hacia el exterior del objeto. La geometría, la densidad de la nube y el número de vecinos escogido a la hora de calcular las normales influyen en este resultado. En caso de que las normales no estén dirigidas hacia el exterior del objeto, es recomendable recalcular las normales variando el número de vecinos hasta dar con un resultado válido (ver figura 29).

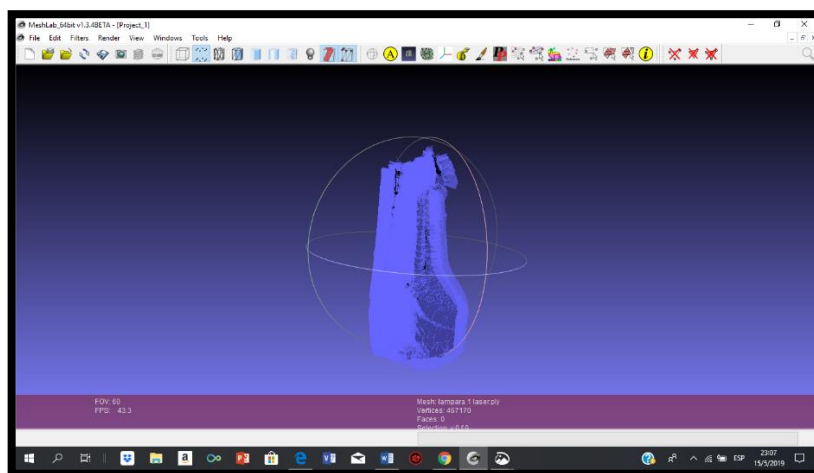


Figura 29 Representación de normales por líneas de color azul

Paso 6: Reconstrucción del objeto a partir de la nube de puntos

A partir de las normales generadas en el apartado anterior, procede a la reconstrucción del objeto. Menú filtro de reconstrucción: Filtros > Remesh, Simplificación y Reconstrucción > Reconstrucción de superficie: Poisson (ver figura 30).

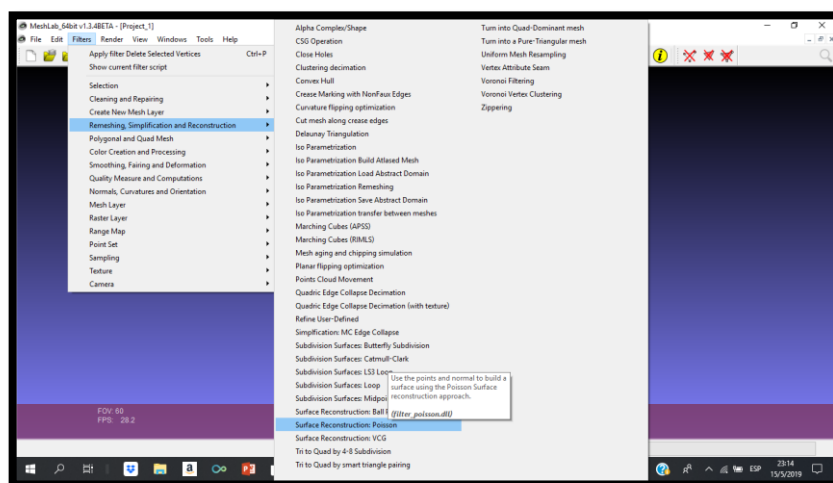


Figura 30 Reconstrucción del objeto

Paso 7: Ventana del filtro de reconstrucción

En esta ventana se modifican los valores de Octantes y División de la solución las configuraciones recomendadas para estos parámetros son valores entre 6 y 12. Es recomendable conservar el resto de valores por defecto (ver figura 31).

A medida que aumenta el valor de estas variables, aumenta la precisión del modelo final, pero también el tiempo de procesado. Una vez modificados los valores, se pulsa en el botón Aplicar. El tiempo de procesado puede variar desde unos segundos hasta varios minutos.

Es posible que durante este tiempo aparezca la ventana “No responde”. A menos que aparezca una ventana emergente, no se debe cerrar la ventana. El tiempo de procesado depende de las características del ordenador donde se está ejecutando el programa. No es recomendable utilizar ordenadores con especificaciones bajas para el procesado de nubes de puntos. Una vez termine el proceso de reconstrucción, pulsa el botón Cerrar.

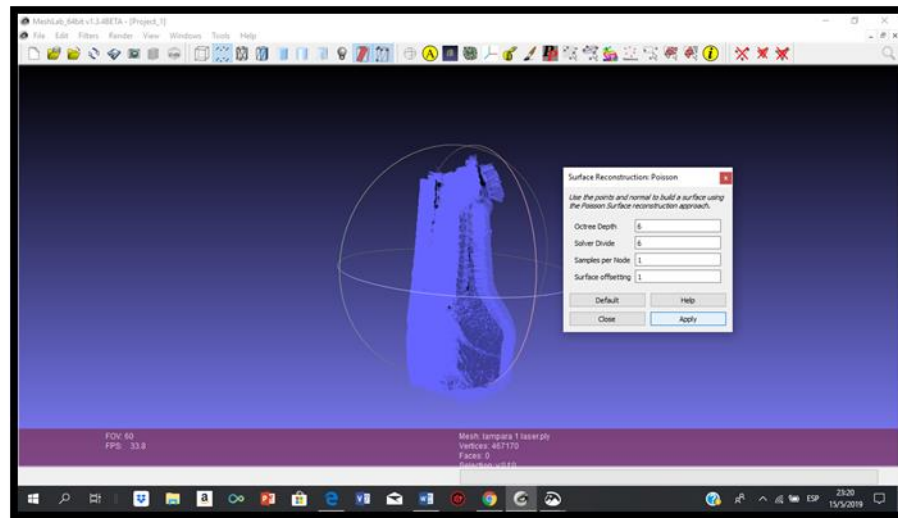


Figura 31 Ventana de filtro de reconstrucción

Paso 8: Ocultar capa de la nube de puntos

El icono con un dibujo de un ojo que se encuentra a la izquierda del nombre de cada capa, sirve para mostrar la visibilidad de cada capa. Si pulsas sobre él, puedes ocultarla o mostrarla. Se oculta la capa que contiene la nube de puntos para una mejor visualización de la reconstrucción (ver figura 32).

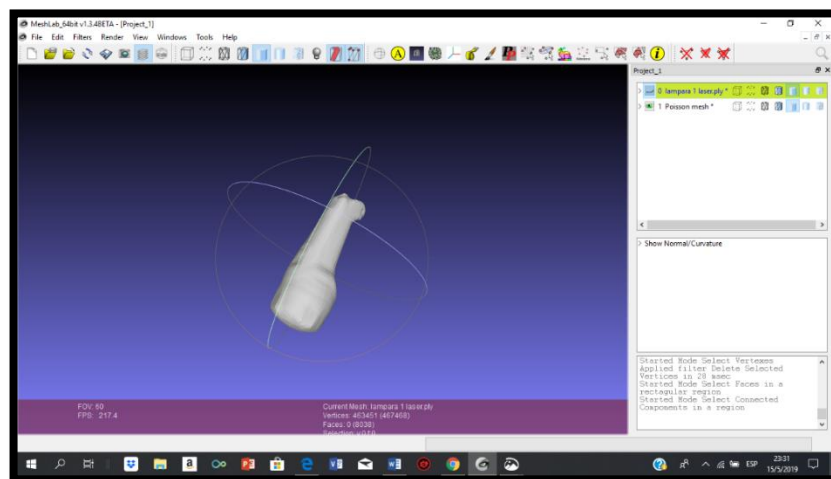


Figura 32 Ocultar capa

Paso 9: Guardado del resultado de la reconstrucción

Menú Exportar Mesh: la opción para exportar el Mesh está en Archivo > Exportar Mesh (ver figura 33).

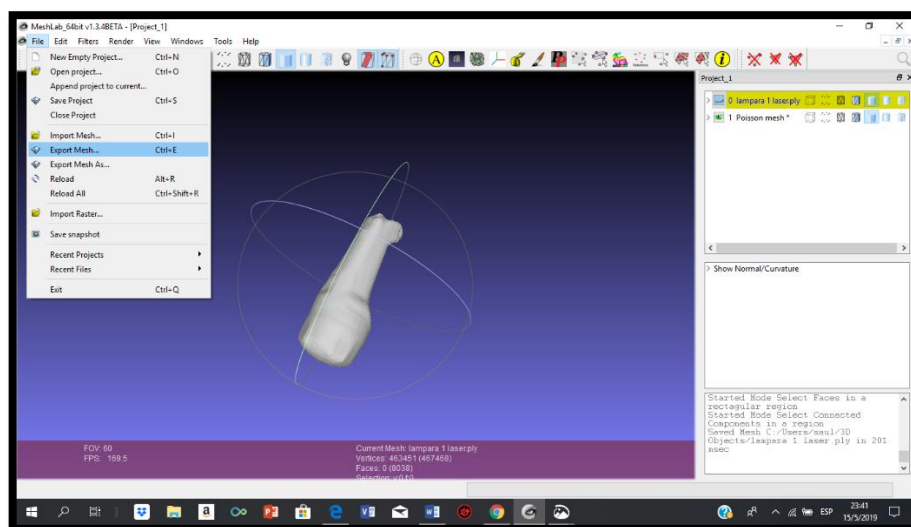


Figura 33 Exportar archivo

Paso 10: Ventana de exportación

Se selecciona la opción de exportar a un archivo en formato STL, se navega hasta la carpeta donde se quiere guardar el archivo y se pulsa en el botón Guardar. Se elige STL porque es un formato de archivo que los programas de impresión 3D de laminado pueden abrir correctamente. Aunque si se desea exportar el archivo para otros usos se puede elegir otro formato.

Costo Económico del Proyecto

Costos económicos para presentación de proyecto			
Producto	Cantidad	Precio C/U	Total
Kit de escaner Ciclop 3D	1	\$150.00	\$150.00
Figuras impresas en 3D	2	\$3.00	\$6.00
Avances del documento de proyecto	3	\$3.50	\$10.50
Documentos Finales del proyecto	3	\$5.00	\$15.00
Refrigerio para presentación de proyecto	3	\$4.50	\$13.50
Total			\$195.00