



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN  
ESCÁNER DIGITAL 3D A  
PARTIR DE UN SISTEMA DE VISIÓN  
ESTEREOSCÓPICO  
PARA EL LABORATORIO CNC DE LA ESPE-L**



MIGUEL ÁNGEL MOLINA HIDALGO

2015

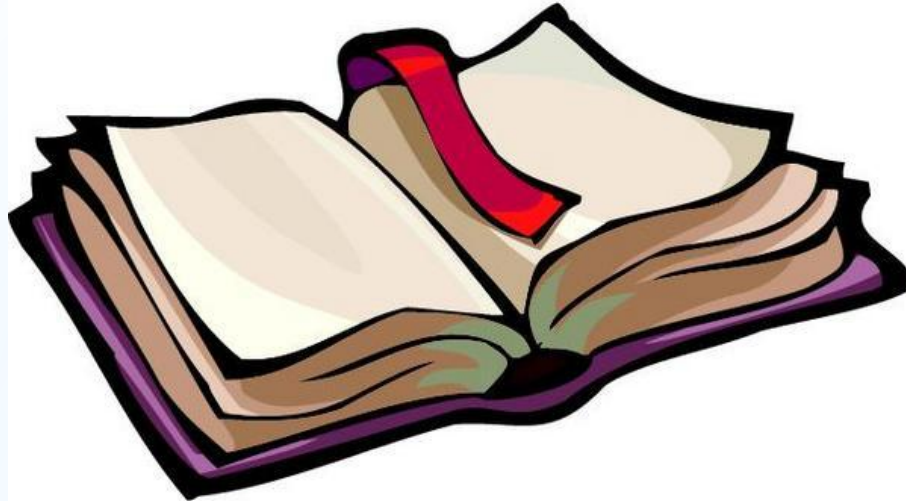
DISEÑAR Y CONSTRUIR UN ESCÁNER DIGITAL  
3D A PARTIR DE UN SISTEMA DE VISIÓN  
ESTEREOSCÓPICO PARA EL LABORATORIO CNC  
DE LA ESPE-L



OBJETIVO GENERAL

- Diseñar un escáner con 2 webcams para procesamiento de imágenes en CAD.
- Crear un entorno gráfico para la visualización de las fotos obtenidas por las webcams.
- Crear un programa para encontrar la distancia a la que se encuentra un punto en el espacio.
- Realizar un mallado de las imágenes mediante software.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS



# FUNDAMENTOS TEÓRICOS



Un escáner 3D es un dispositivo que analiza un objeto o el ambiente físico para reunir los datos de su forma y ocasionalmente su color. Los datos completos entonces se pueden usar para construir modelos digitales tridimensionales que se usan en una amplia variedad de aplicaciones.

El propósito de un escáner 3D es, generalmente, el de crear una nube de puntos a partir de muestras geométricas en la superficie del objeto. Estos puntos se pueden usar entonces para extrapolar la forma del objeto (un proceso llamado reedificación o reconstrucción).

# ESCÁNER 3D

## ESCÁNER DE CONTACTO

Este tipo de escáner constan de un palpador, el material del que está hecho casi siempre es de acero duro o zafiro, el cual se va desplazando por la superficie del objeto y mediante sensores internos va registrando la información de la ubicación espacial de la punta del palpador y gracias alguna máquina de medición por coordenadas se va visualizando el objeto.



# TIPOS DE ESCÁNER

## ESCÁNER SIN CONTACTO

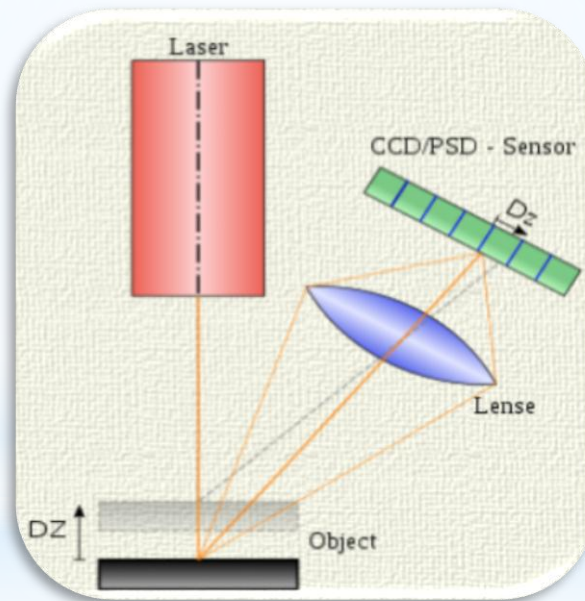
Estos escáneres a diferencia de los anteriores son más rápidos al momento de escanear y por ende no tienen contacto con el objeto en ningún momento sino que se utiliza otras técnicas ya sea con luminosidad o con alguna luz láser. Estos tipos de escáner se dividen en activos y pasivos.



# TIPOS DE ESCÁNER

## ACTIVOS

Los escáneres activos emiten alguna clase de señal y analizan su retorno para capturar la geometría de un objeto o una escena. Se utilizan radiaciones electromagnéticas (desde ondas de radio hasta rayos X) o ultrasonidos.



# TIPOS DE ESCÁNER

## PASIVOS

El sistema visual humano permite obtener información de profundidad mediante la fusión de dos escenas monoculares, que son las escenas que captan cada uno de nuestros ojos. La visión pasiva se basa entonces en utilizar dos puntos de vista de un mismo objeto para encontrar las coordenadas tridimensionales.

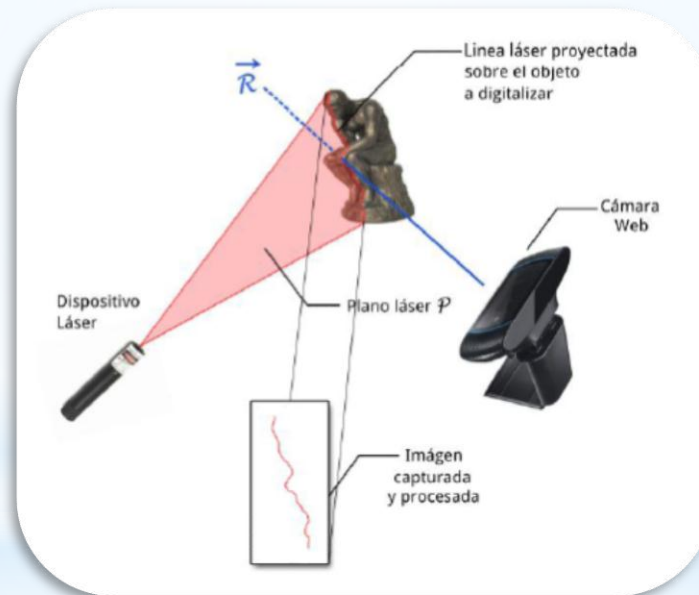


# TIPOS DE ESCÁNER



Este escáner consta de una webcam y un láser, para el procesamiento de las imágenes se utiliza un software.

Al culminar el escaneo se tiene un tipo de archivo que es compatible con algún software de modelado de objetos en tres dimensiones.



# ESCÁNER CON LÁSER

Una vez analizado los tipos de escáner que existen se optó por realizar un escáner sin contacto ya este no se demora mucho tiempo en escanear, que tenga una base giratoria y una cámara web pero que no tenga un láser debido a que la luz del ambiente causaría cambios en el escaneado final.

# DISEÑO, SELECCIÓN Y CONSTRUCCIÓN DEL SOFTWARE Y HARDWARE

Como se decidió utilizar una base giratoria en el proyecto se buscó un motor para realizar el movimiento de la base donde va a ir colocado el objeto a escanear, para lo cual se averiguó los que existen en el mercado y sus características.

# DISEÑO DEL HARDWARE PARA UBICAR Y GENERAR LA ROTACIÓN DEL OBJETO

Para seleccionar el motor se tomó ciertas consideraciones como son:

- Tamaño no más de 8cm por lado
- Que sea de fácil posicionamiento en un cierto número de grados
- Que su giro sea total y no tenga algún tipo de truncamiento
- Que no funcione con corrientes ni voltajes altos
- De bajo costo
- Que posea un buen torque para poder mover objetos pequeños como por ejemplo botellas o adornos de cerámica

# PARÁMETROS PARA SELECCIONAR EL MOTOR



MOTOR A PASOS SANYO  
DENKI 103-547-52500



Para realizar el control del movimiento del motor se buscó un dispositivo capaz de poder entablar una comunicación entre la PC y el motor, para lo cual se tomó ciertas consideraciones para encontrar dicho dispositivo como son:

- Que posea entradas y salidas para envío y recepción de datos
- Que pueda conectarse vía USB
- Que no tenga un lenguaje muy complejo al momento de realizar la programación

# DISEÑO DEL SOFTWARE PARA CONTROLAR EL MOTOR A PASOS

Dentro de todas las familias que tiene el PIC se encontró con la familia 18Fxx5x los cuales tienen módulos USB y esto permite entablar una comunicación sin ningún problema con la laptop, los PIC de esa familia son los de numeración PIC18F2455/2550/4455/4550, para este proyecto se utilizó el 18F2550 el cual consta de 28 pines, este fue seleccionado debido a que en el proceso no se necesita muchas salidas para enviar los datos.

## SELECCIÓN DEL PIC

Para realizar la parte de control se buscó la configuración que se utiliza para cualquier PIC, para la parte de potencia se buscó un circuito con transistores para poder controlar la corriente necesaria para poder mover el motor a pasos y para separar la parte de control con potencia se utilizó un opto transistor para que no se afecte las dos partes de la placa.

# DISEÑO DE LA PLACA DE CONTROL Y POTENCIA PARA EL PIC SELECCIONADO



# PLACA DE CONTROL Y POTENCIA PARA EL PIC

Para que el compilador funcione de acuerdo al PIC se descargó el programa “Automatización de datos Enumeración USB” que permite configurar los descriptores y los archivos instaladores .inf necesarios para enumerar los pic 18Fxx5x y hacer posible las transferencias a través del puerto serie universal USB.

# PROGRAMACIÓN PARA LA COMUNICACIÓN PC CON EL MOTOR A PASOS



v3.1 - INF Enumeración Datos uC PIC-USB

Language Acerca

Cuadro de Configuración - NO dejes ningún campo vacío

Nombre Categoría: Custom USB Miguel

V.I.D. 04D8 P.I.D. 000B -> ¡¡NOTA!!

Ubicación Ubicación

Descripción: Descripción

Fabricante: Proveedor

Versión: 1.0.1.6 Fecha: 03/11/2009

Tipo de Transferencia:

Propósito General  
mpusbapi.dll

CDC - RS232

Lenguaje de Programación:

PIC C CCS

mchpub.inf usb\_desc\_scope.h

```
: Installation file for Microchip's Custom USB Driver
: Copyright (C) 2007 by Microchip Technology, Inc.
: All rights reserved

[Version]
Signature=$Windows NT$
Class=CustomUSBDevice
ClassGuid={A503E2D3-A031-49DC-B684-C99085DBFE92}

Provider=%MFGNAME%
CatalogFile=%MFGFILENAME%.cat
DriverVer=03/11/2009,1.0.1.6
```

Ver Plantilla Preliminar Guardar  Guardar Ambos

En la actualidad se dispone de muchas marcas de cámaras web entre las cuales se destacan Genius, Microsoft, Logitech, Philips, D-Link, Cisco, Axis, Nilux y dentro de estas existen diversos modelos, pero para el proyecto se buscó una cámara con algunas especificaciones como son:

- Que posea conexión USB
- Resolución de imágenes mínimo VGA (640 x 480 píxeles)
- Que posea un excelente ángulo de visión de al menos 100°
- Capacidad para tomar y enviar fotos a través de un software

# DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES



# WEBCAM GENIUS ISLAM 300X

Una vez que se logra la captura de las imágenes hay que tener en cuenta que para lograr la reconstrucción en 3 dimensiones se necesita de la ayuda de algún tipo de software y de algoritmos que permitan el procesamiento de cada una de ellas para luego juntar toda esa información y unir las al final del proceso.

# DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES Y LA RECONSTRUCCIÓN 3D

Con lo anteriormente indicado se encontró que destacan los siguientes software: LabVIEW y Matlab debido a su flexibilidad en el uso de comandos para realizar cualquier tipo de operación en los cuales se involucran imágenes y además permiten una comunicación fácil entre software y hardware.

# SELECCIÓN DEL SOFTWARE



$$\# \text{ de pasos} = 360^\circ / 1,8^\circ$$

$$\text{ángulo entre capturas} = 1,8^\circ * \text{paso}$$

$$\text{capturas} = 360^\circ / \text{ángulo entre capturas}$$

ECUACIONES PARA ENCONTRAR  
EL NÚMERO DE CAPTURAS

CAPTURAS	ÁNGULO ENTRE CAPTURAS	PASOS
1	360	200
2	180	100
4	90	50
5	72	40
8	45	25
10	36	20
20	18	10
40	9	5

Para realizar la reconstrucción en 3D se tomó en cuenta las siguientes consideraciones y fórmulas:

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \\ \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} \end{bmatrix}$$

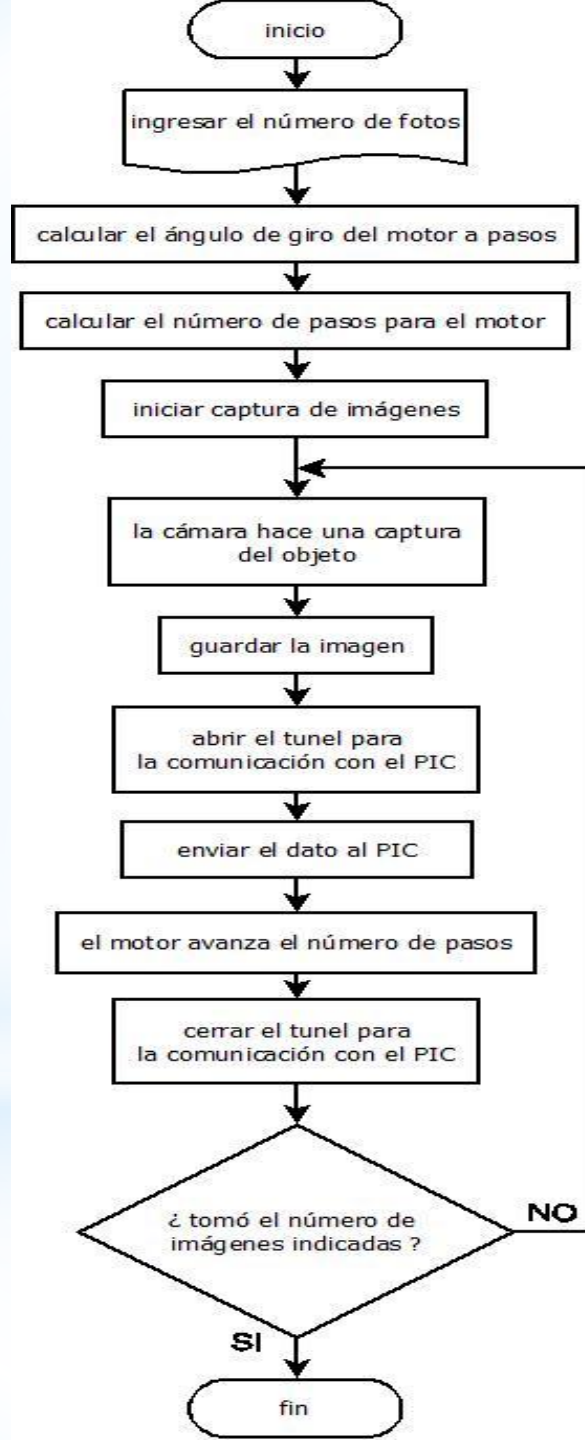
$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & k_{12} \\ b_{21} & k_{22} \\ \vdots & \vdots \\ b_{m1} & k_{m2} \end{bmatrix}$$

$$X = \cos \left[ \left( \frac{\theta\pi}{180^\circ} \right) (B - A) \right]$$

$$Z = \sin \left[ \left( \frac{\theta\pi}{180^\circ} \right) (B - A) \right]$$

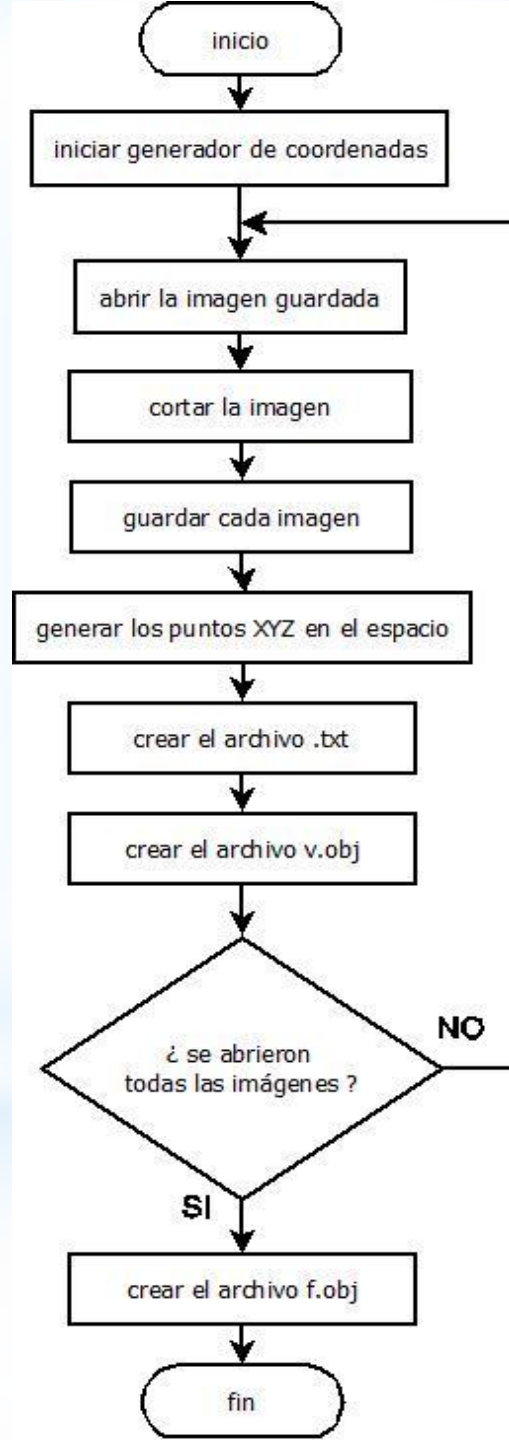


# DIAGRAMAS DE FLUJO











# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA  
EXTENSIÓN LATACUNGA

# ESCÁNER 3D



*Miguel Angel Molina Hidalgo*

*CHAFAAS*



CONTINUAR

Programa

# ESCÁNER 3D

Realizado por: Miguel "Chafas" Molina

¿Cuántas imágenes desea capturar?

Número de imágenes a capturar

Número de pasos que realiza el motor

Cantidad de imágenes capturadas

2.- Preview para ubicar el objeto

Tamaño original de la imagen

Introduzca la coordenada X para reducir el tamaño de la imagen


3.- Iniciar captura de imágenes

1.- Ingresar Valor

X    Y

640    480

4.- Iniciar filtro de canny



MECATRÓNICA

SALIR

Rango de valores para X1 - Y1, X2 - Y2

X = 0 -    Y = 0 -

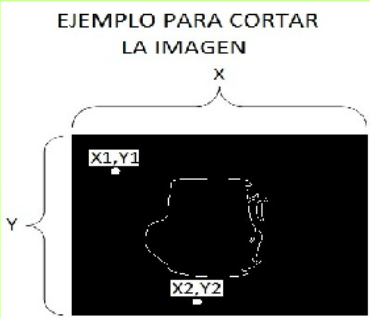
Ingrese las coordenadas para cortar la imagen

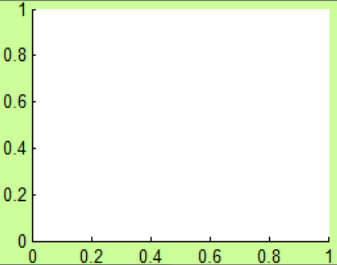
Valor inicial    Valor final

X1    Y1    X2    Y2

5.- Iniciar generador de coordenadas

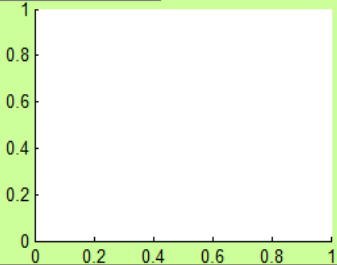
EJEMPLO PARA CORTAR LA IMAGEN

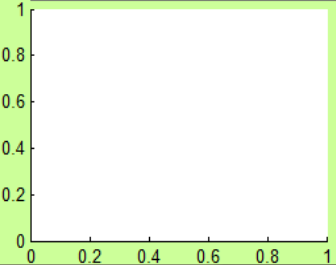




Ingrese el valor del filtro de canny

Valor = 0 - 255





NOTA  
Si el modelo generado no es el correcto debe eliminar los 3 archivos creados y volver a generarlos

Selector\_datos

Selecciona una opción

10

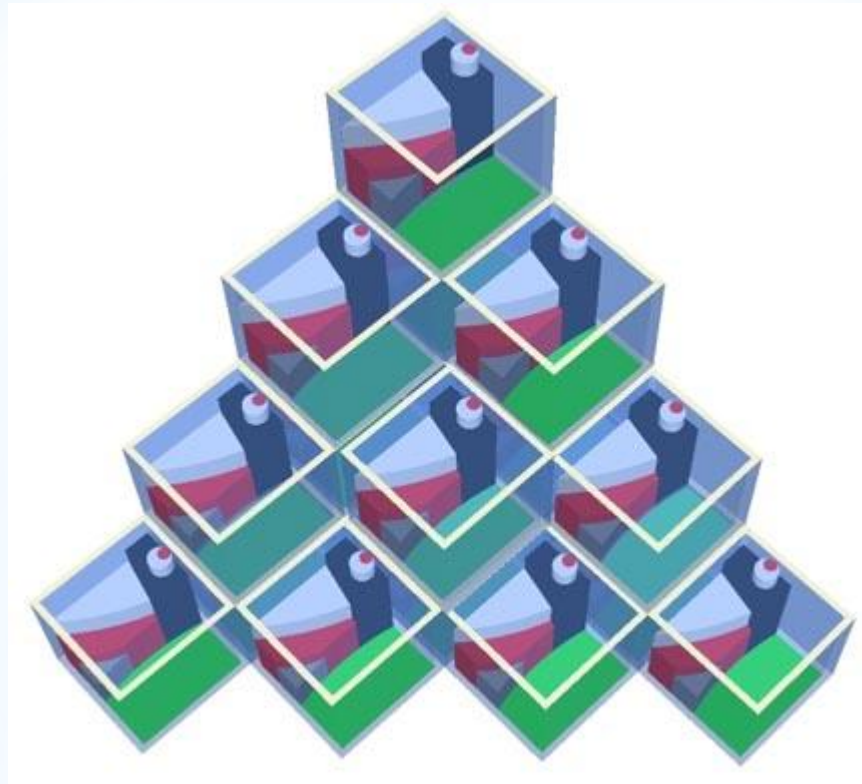


INGENIERÍA MECATRÓNICA

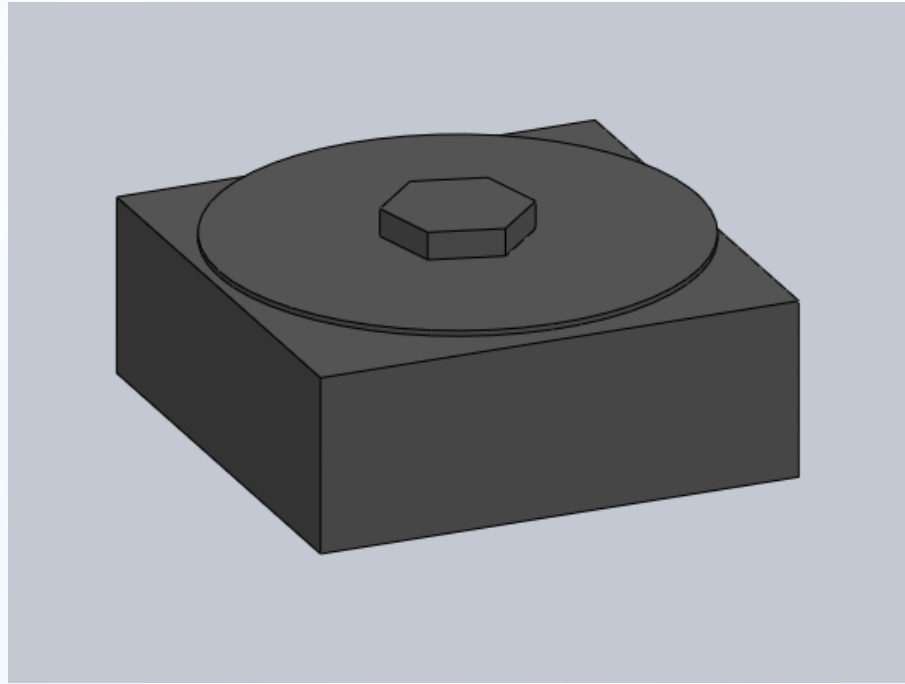
ESPE - LATACUNGA

The image shows a software window titled "Selector\_datos" with a standard Windows-style title bar (minimize, maximize, close buttons). The main content area contains the text "Selecciona una opción" at the top. Below this is a large logo for "INGENIERÍA MECATRÓNICA ESPE - LATACUNGA". The logo consists of a central yellow gear with binary code (0s and 1s) inside it, overlaid with a green atomic structure. A dropdown menu is positioned over the logo, displaying the number "10" and a downward-pointing arrow.

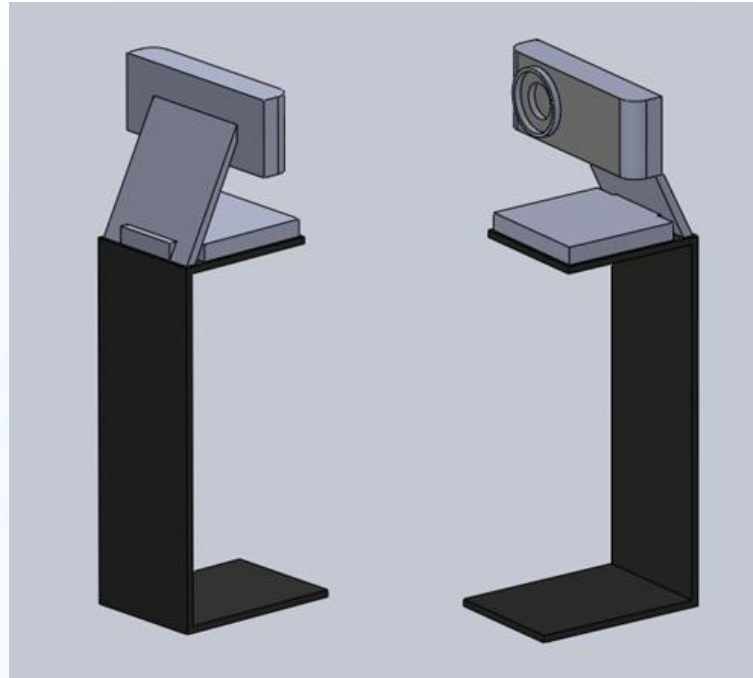




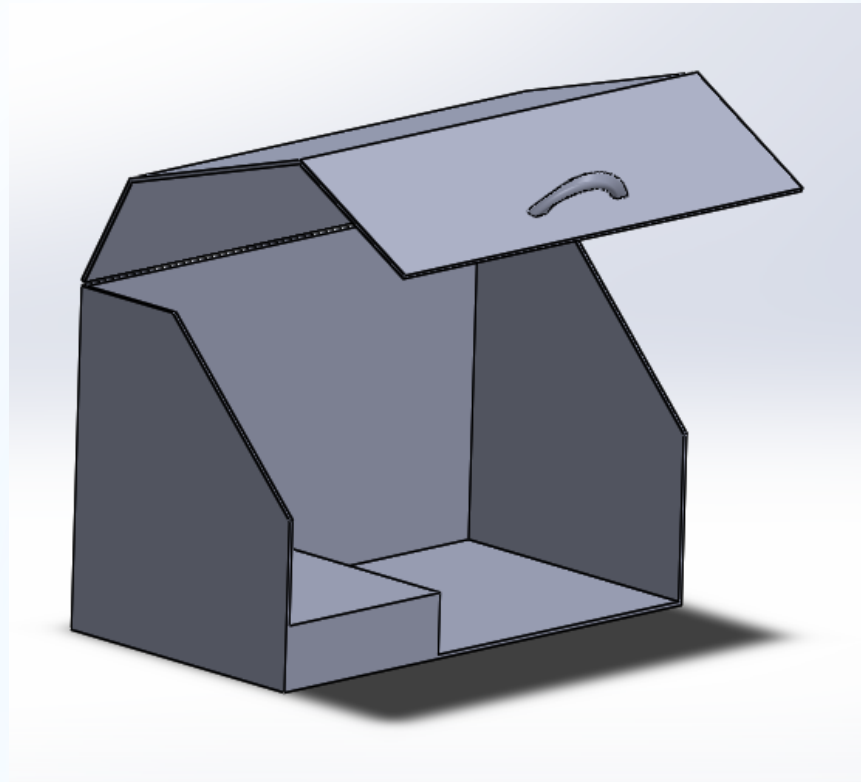
# DISEÑO DE LA ESTRUCTURA MECÁNICA PARA EL MONTAJE DE LOS ELEMENTOS



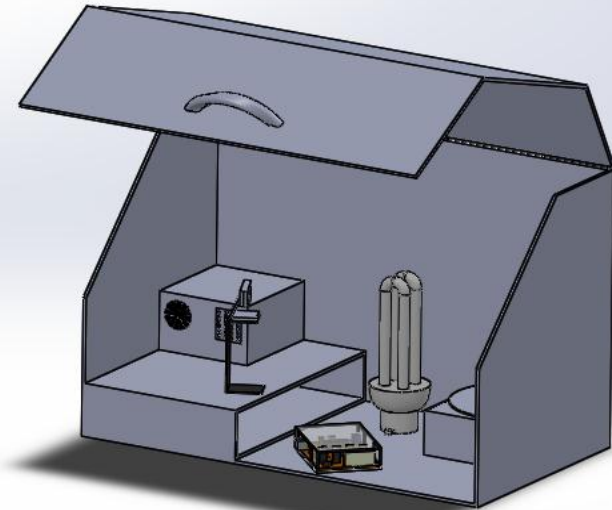
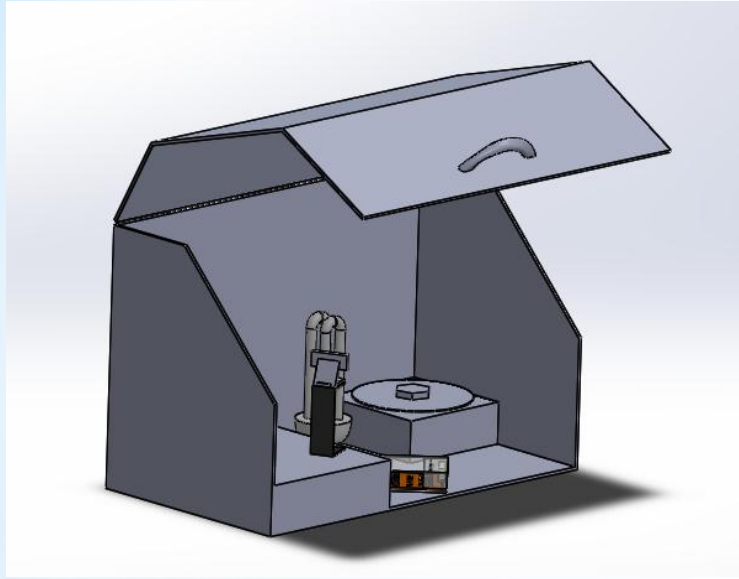
MOTOR ACOPLADO A LA CAJA Y  
AL PLATO GIRATORIO



PLATINA EN FORMA DE “C”  
DE SOPORTE DE LA CÁMARA

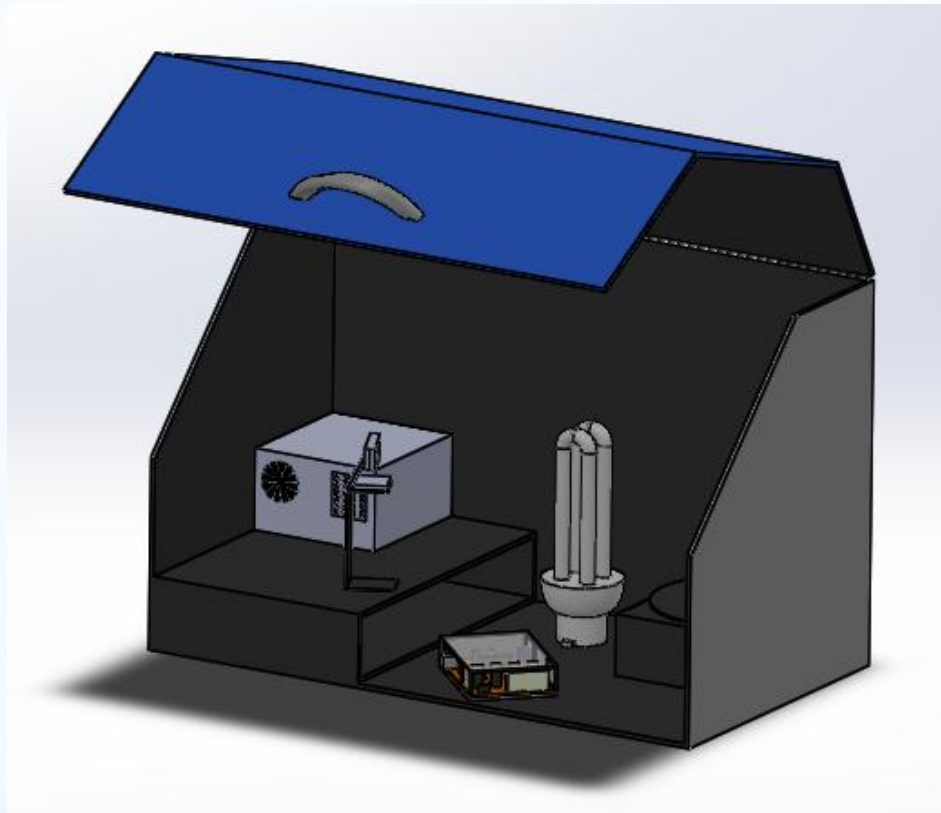


CAJA PARA COLOCAR LOS  
ELEMENTOS CREADOS



ENSAMBLAJE FINAL





ENSAMBLAJE FINAL CON TODOS  
SUS ELEMENTOS Y PINTADO

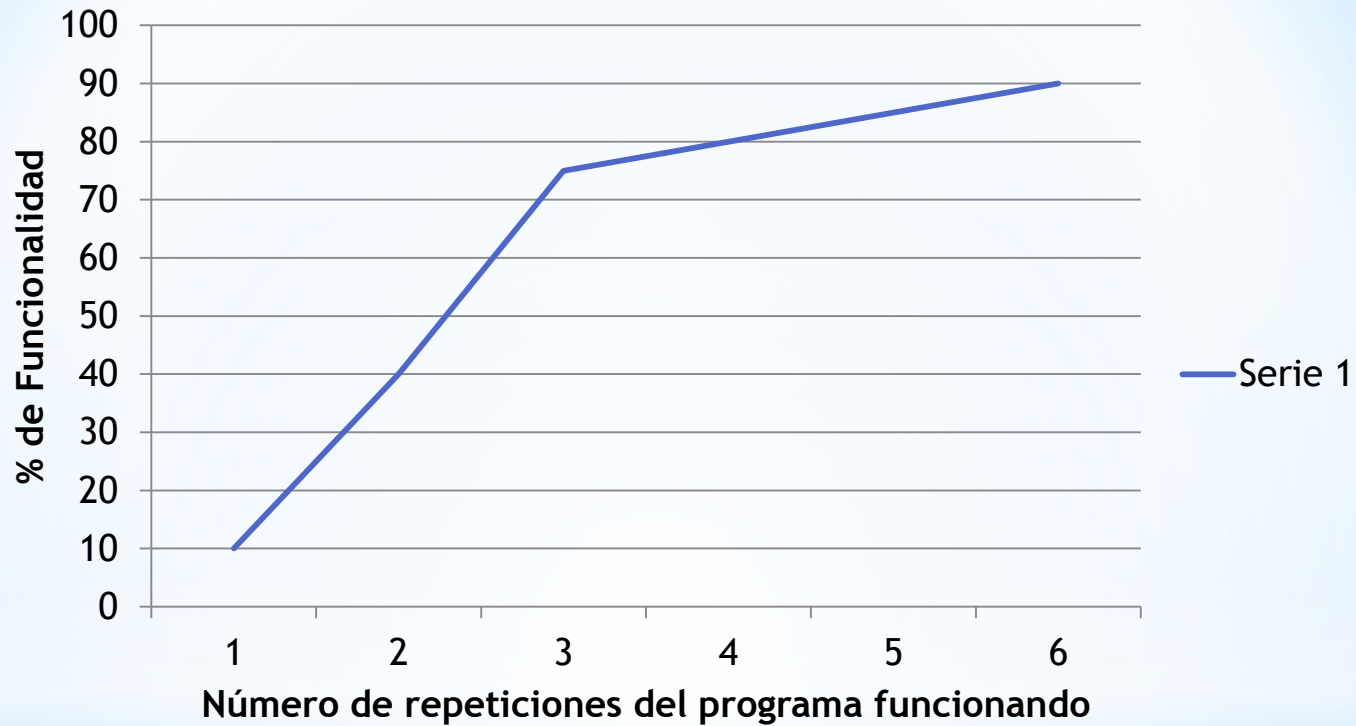


# PRUEBAS Y RESULTADOS

Para las pruebas se utilizó cinco objetos de diferentes formas, material y tamaños, los cuales son:

- Una botella de madera
- Un frasco de cerámica con detalles de una cara de conejo
- Un florero de cerámica en forma de corazón y con pintura brillante
- Un frasco de plástico
- Una taza de café de cerámica con pintura brillante

## Gráfico Estadístico de Funcionalidad



RESULTADOS ESTADÍSTICOS DE LA  
FUNCIONALIDAD DEL ESCÁNER



**BOTELLA DE MADERA**





FRASCO DE CERÁMICA  
CON DETALLES DE  
UNA CARA DE CONEJO



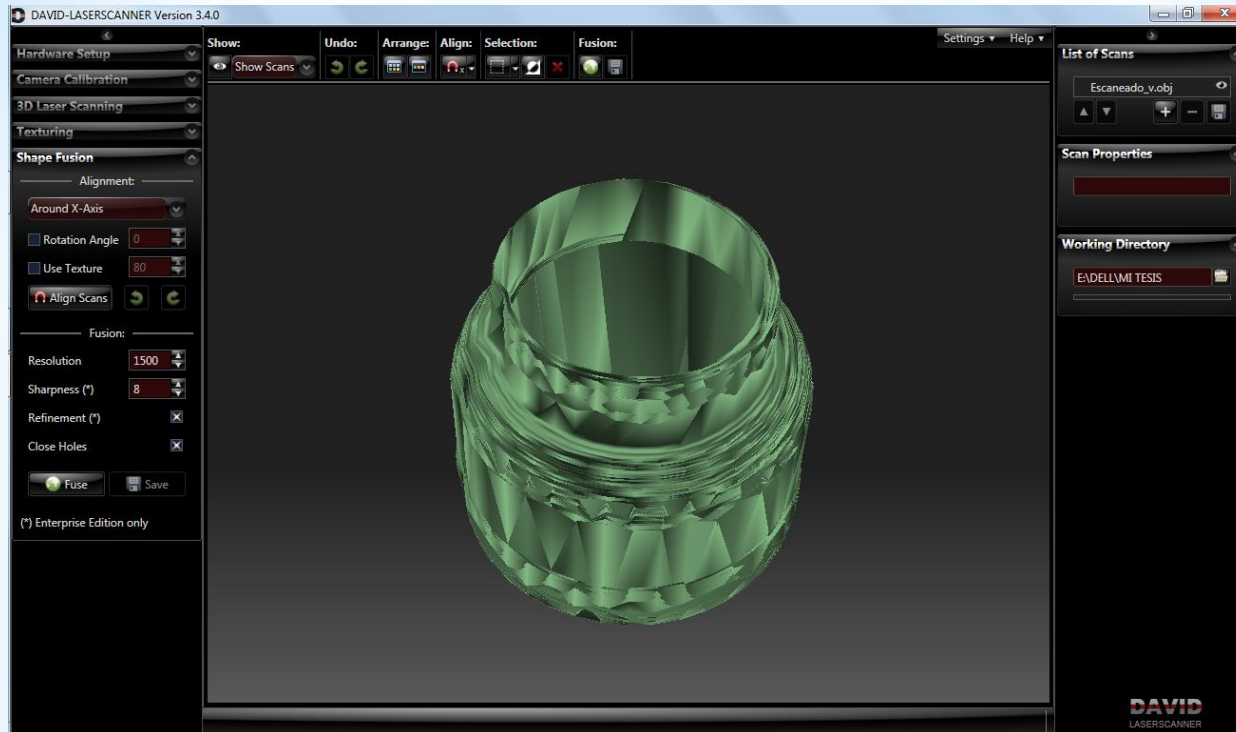
FLORERO DE CERÁMICA EN  
FORMA DE CORAZÓN Y  
CON PINTURA BRILLOSA



FRASCO DE PLÁSTICO

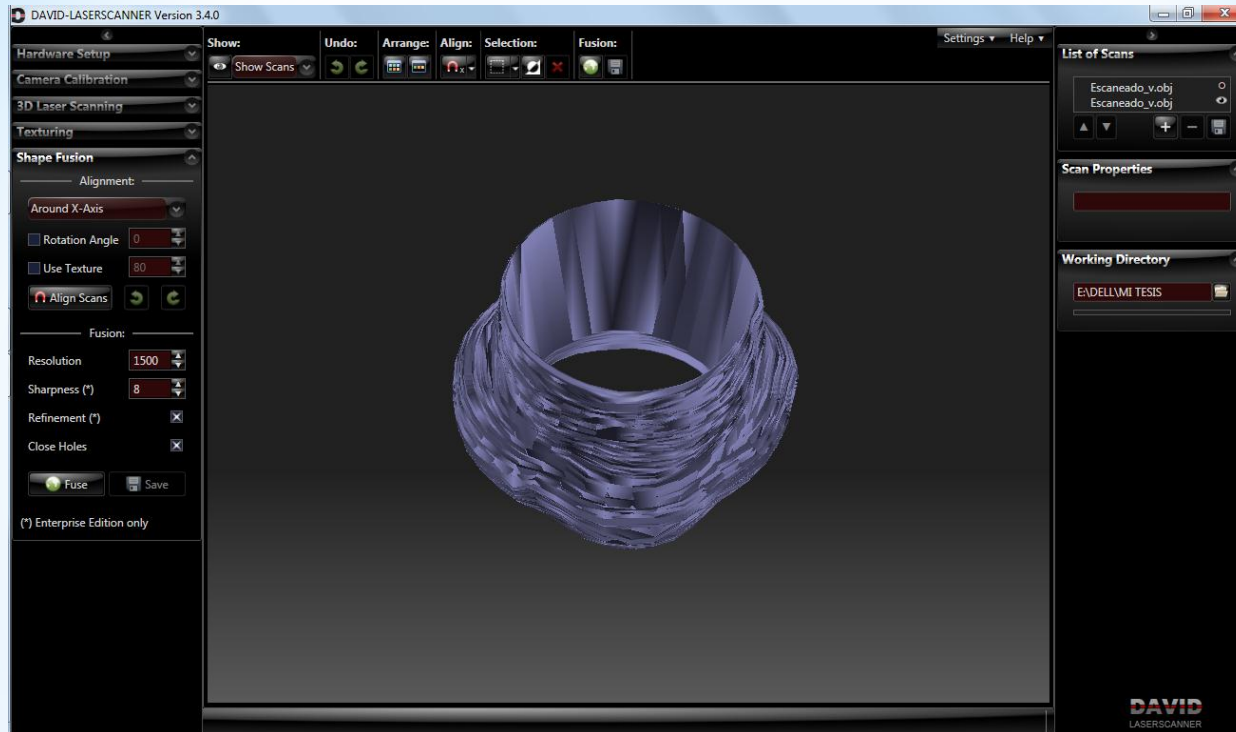


TAZA DE CAFÉ DE CERÁMICA  
CON PINTURA BRILLOSA

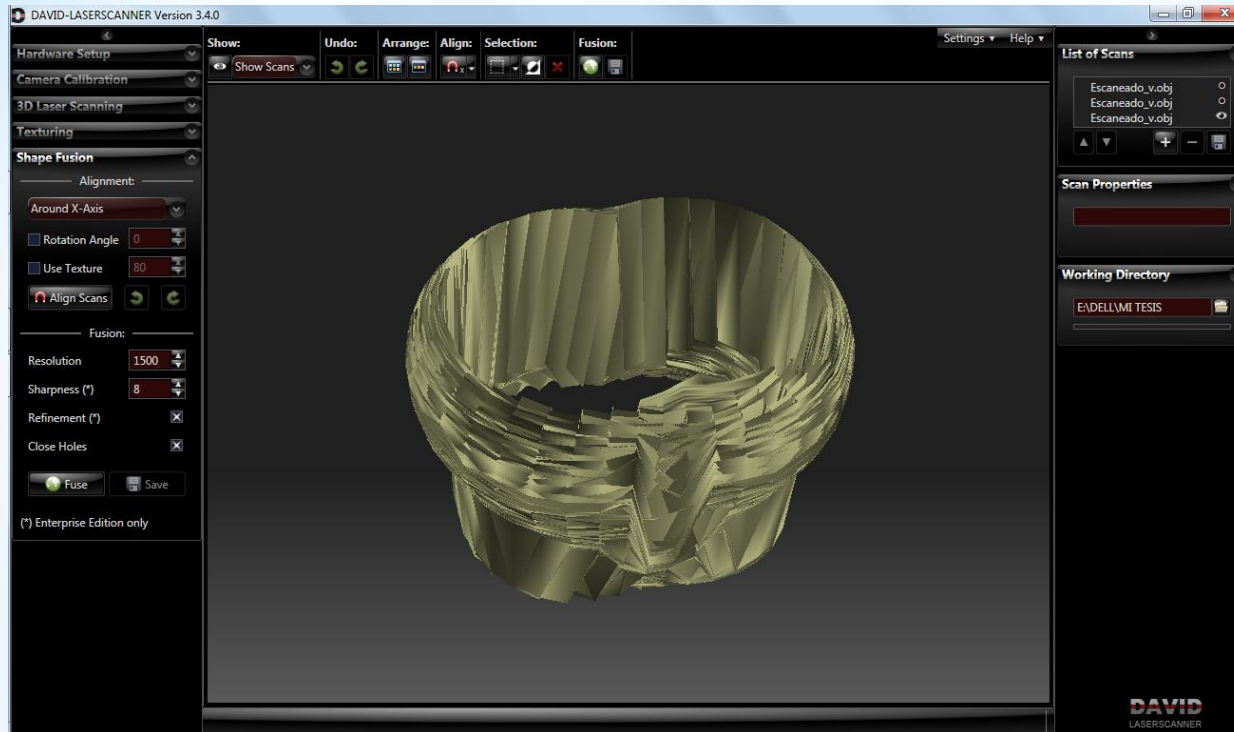


BOTELLA DE MADERA

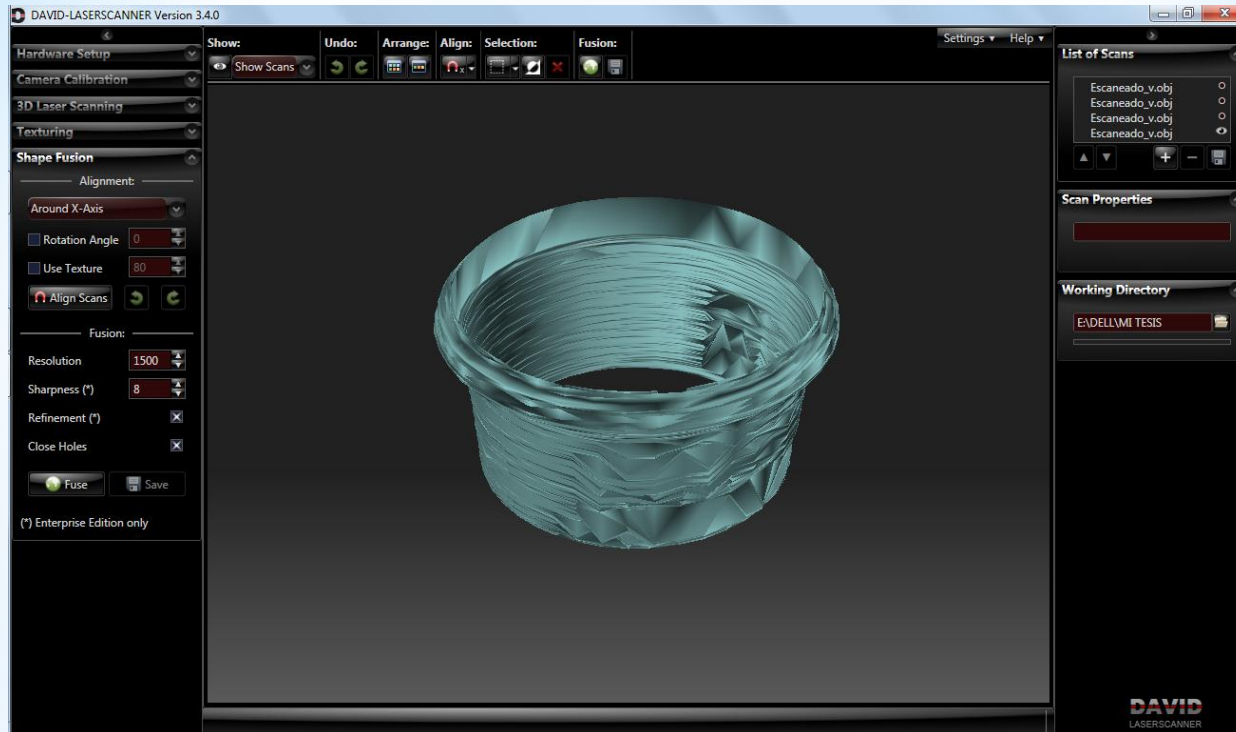




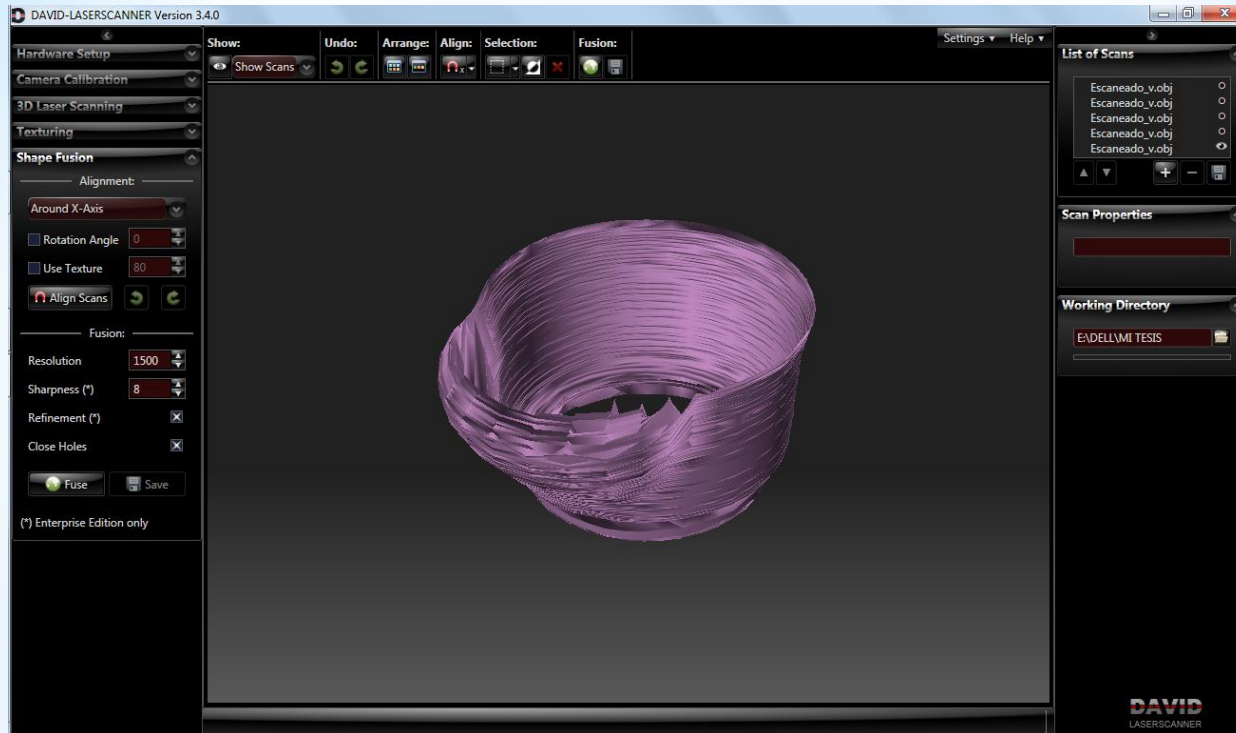
FRASCO DE CERÁMICA  
CON DETALLES DE  
UNA CARA DE CONEJO



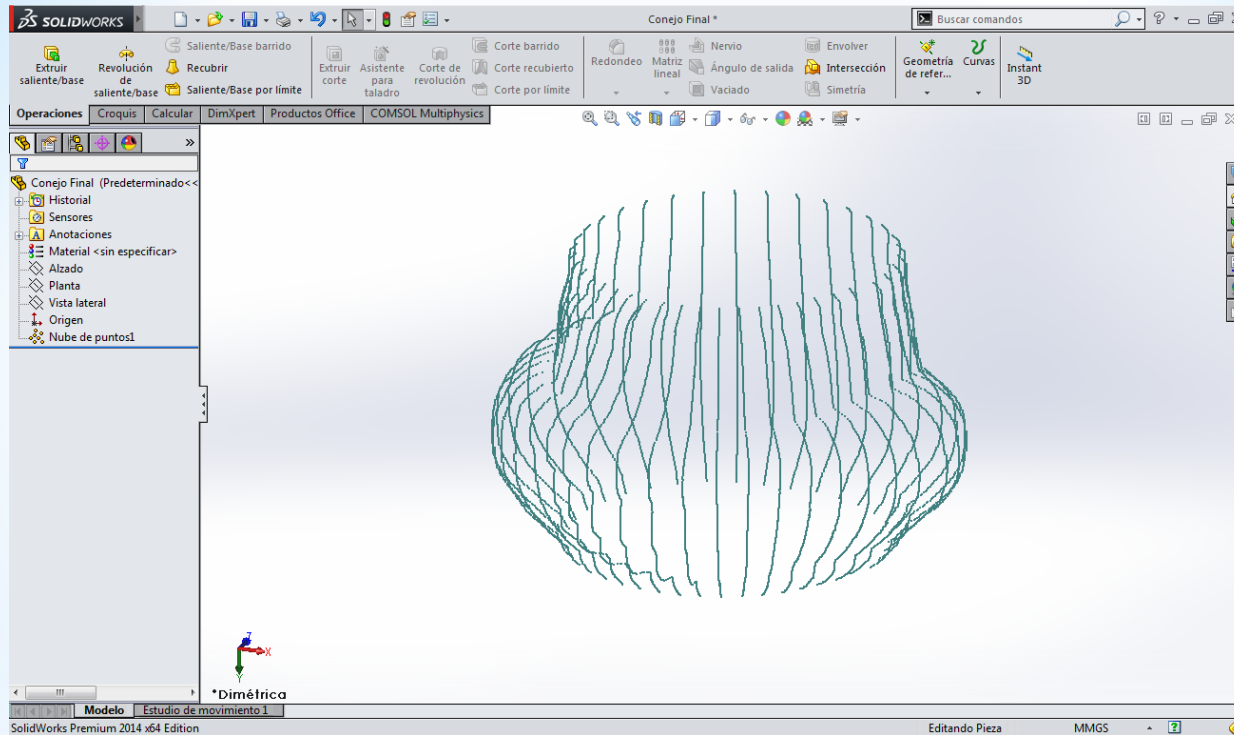
FLORERO DE CERÁMICA EN  
FORMA DE CORAZÓN Y  
CON PINTURA BRILLOSA



FRASCO DE PLÁSTICO

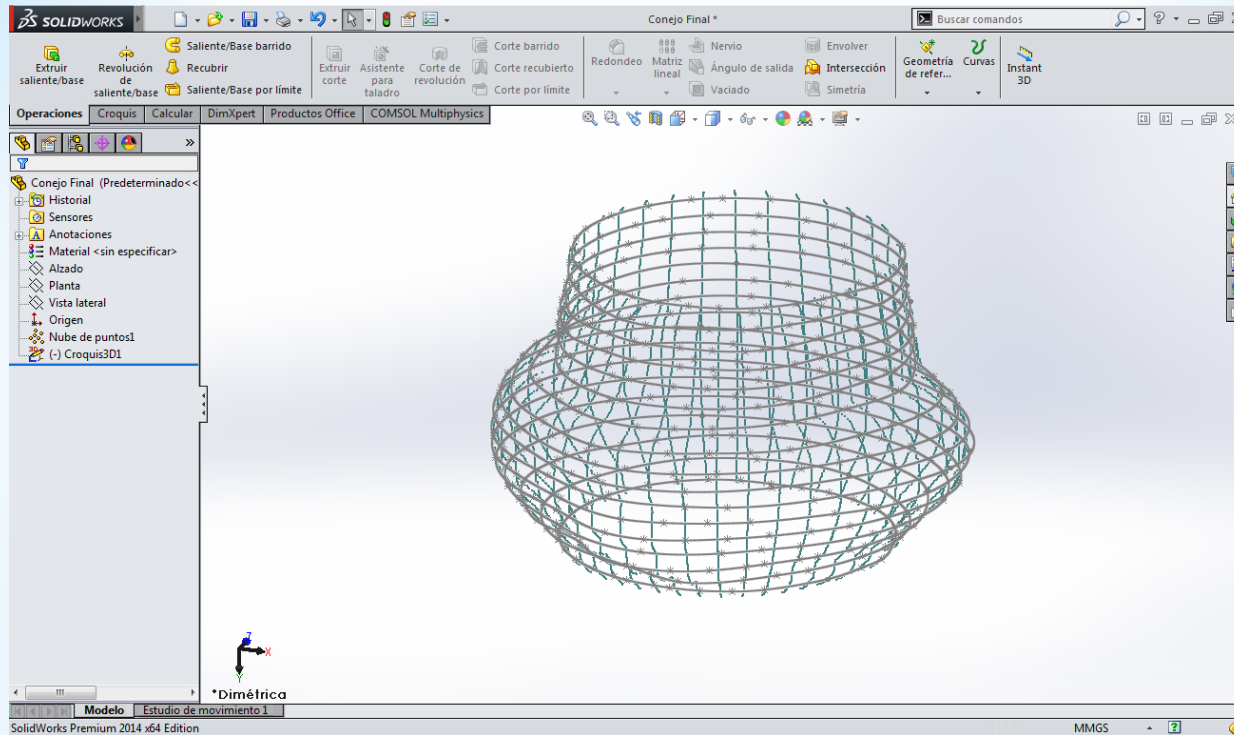


TAZA DE CAFÉ DE CERÁMICA  
CON PINTURA BRILLOSA

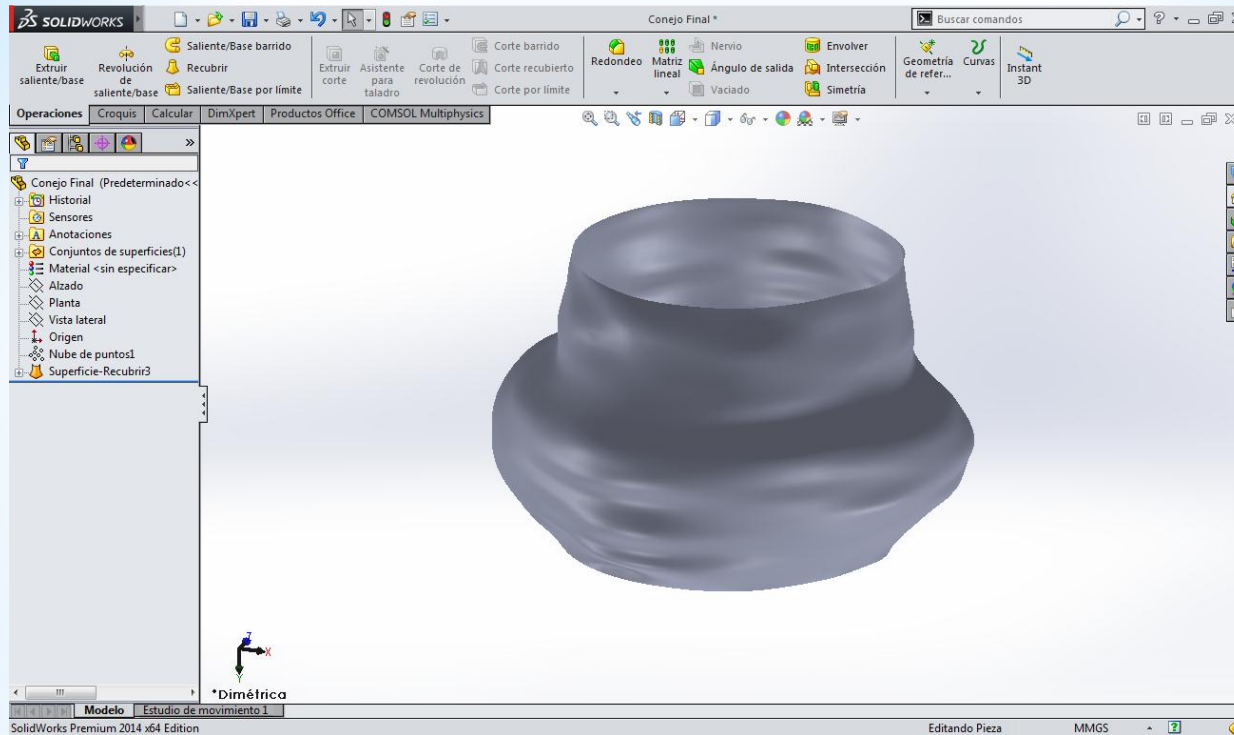


# NUBE DE PUNTOS ABIERTA EN SOLIDWORKS

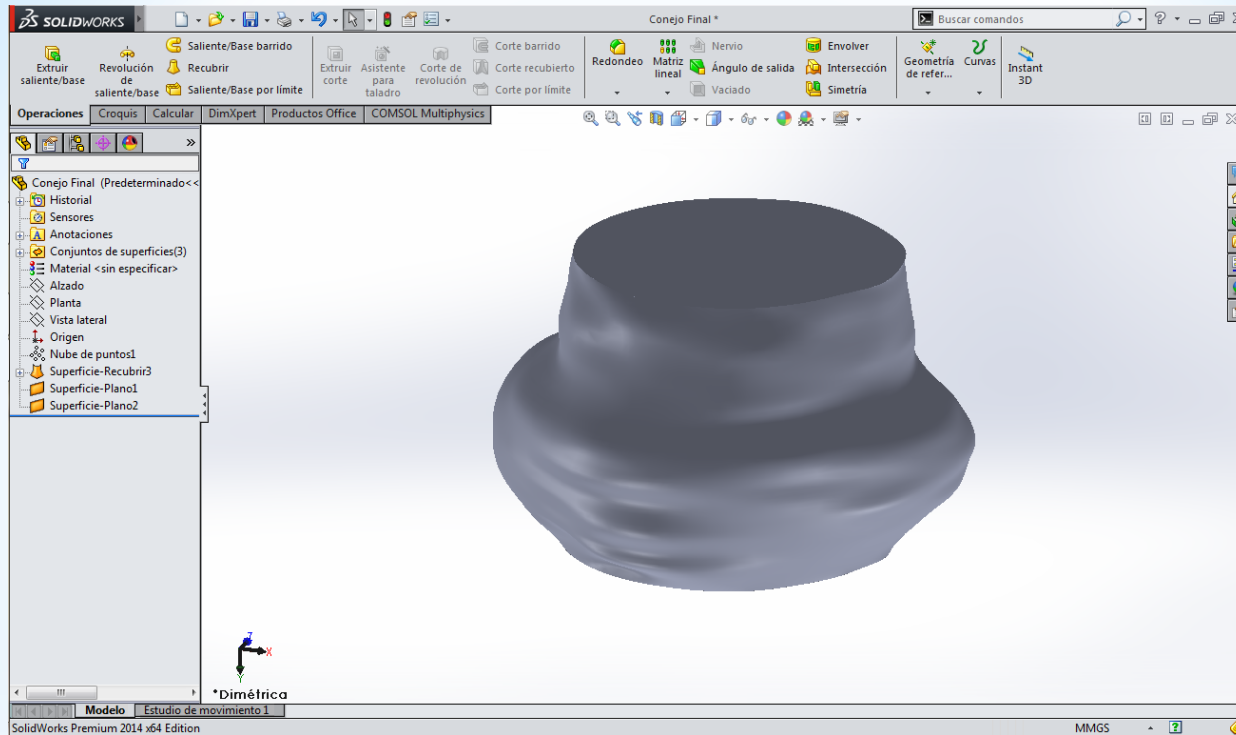




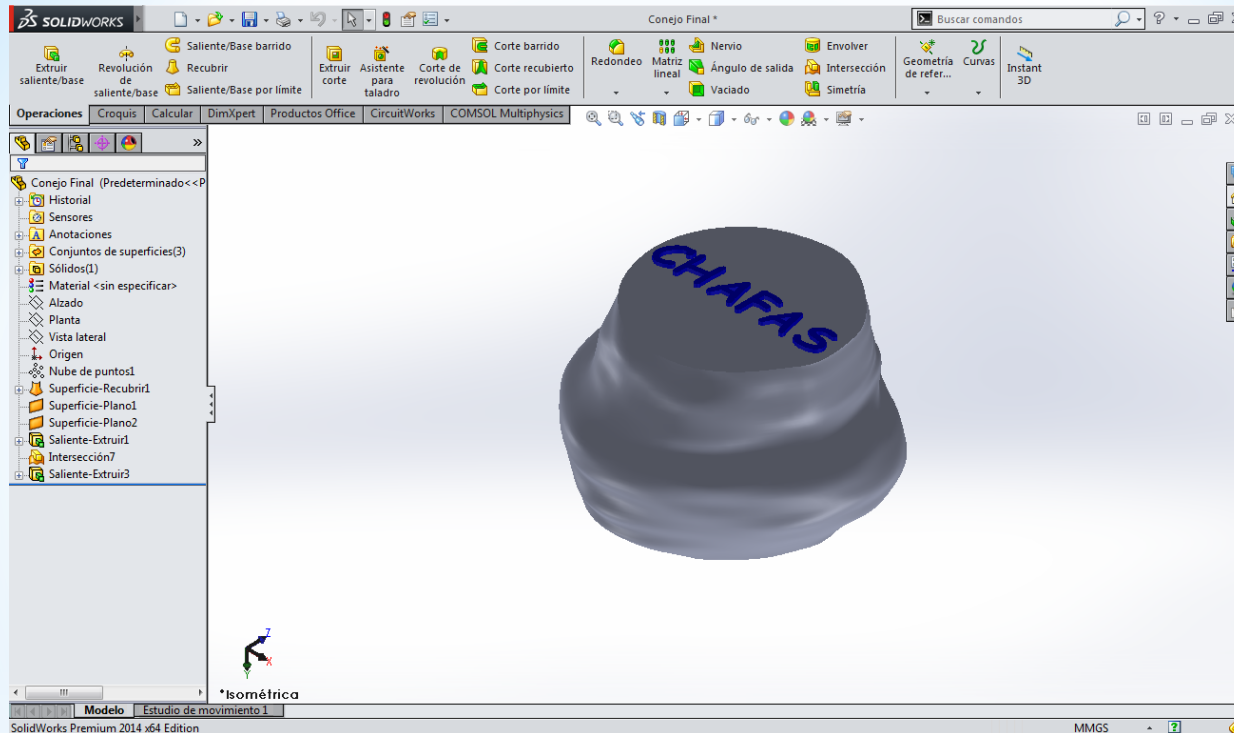
# CREACIÓN DEL CROQUIS EN TRES DIMENSIONES



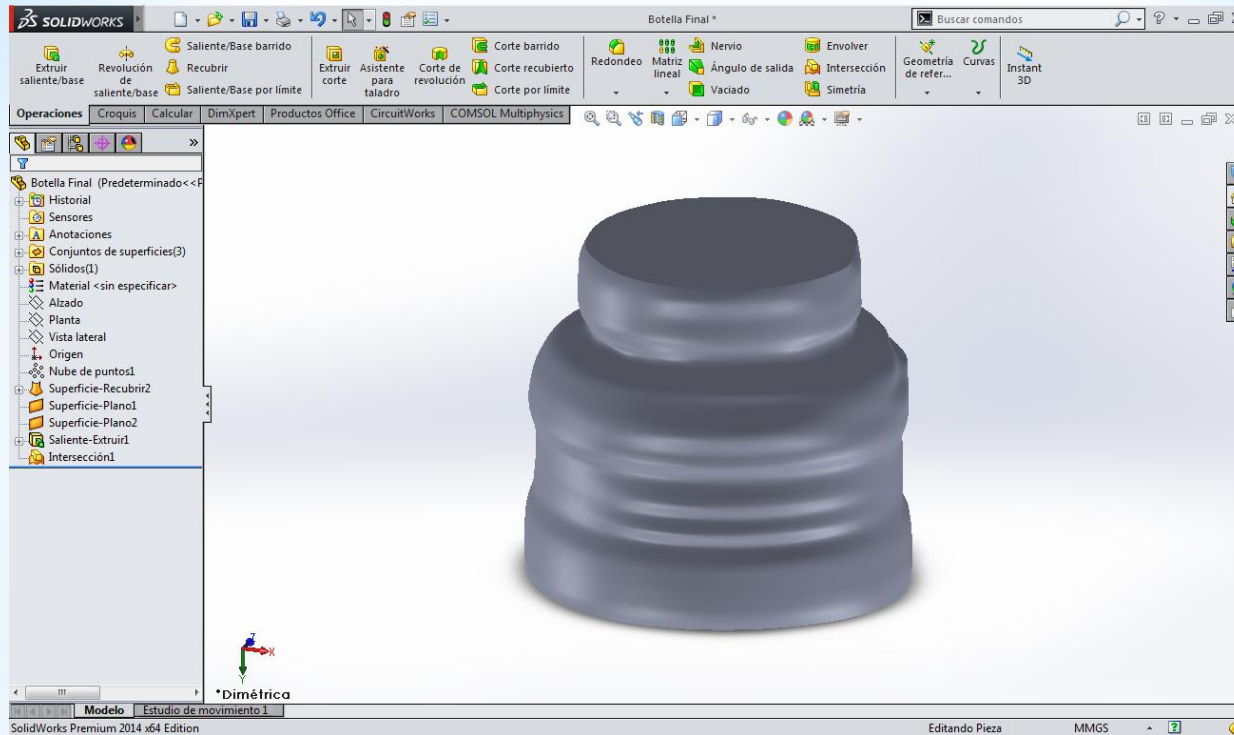
SUPERFICIE A PARTIR DE  
LAS CURVAS DEL CROQUIS



OBJETO HECHO SUPERFICIE Y  
CERRADO COMPLETAMENTE

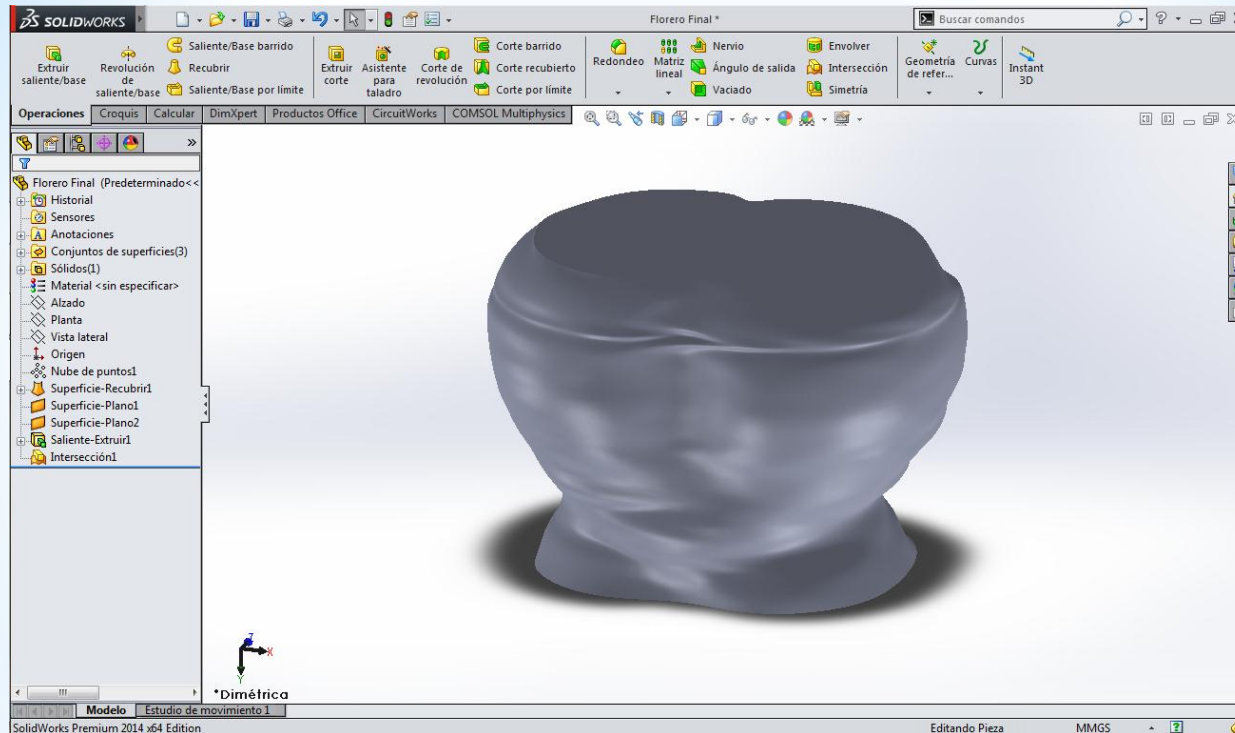


# FRASCO DE CERÁMICA CON DETALLES DE UNA CARA DE CONEJO



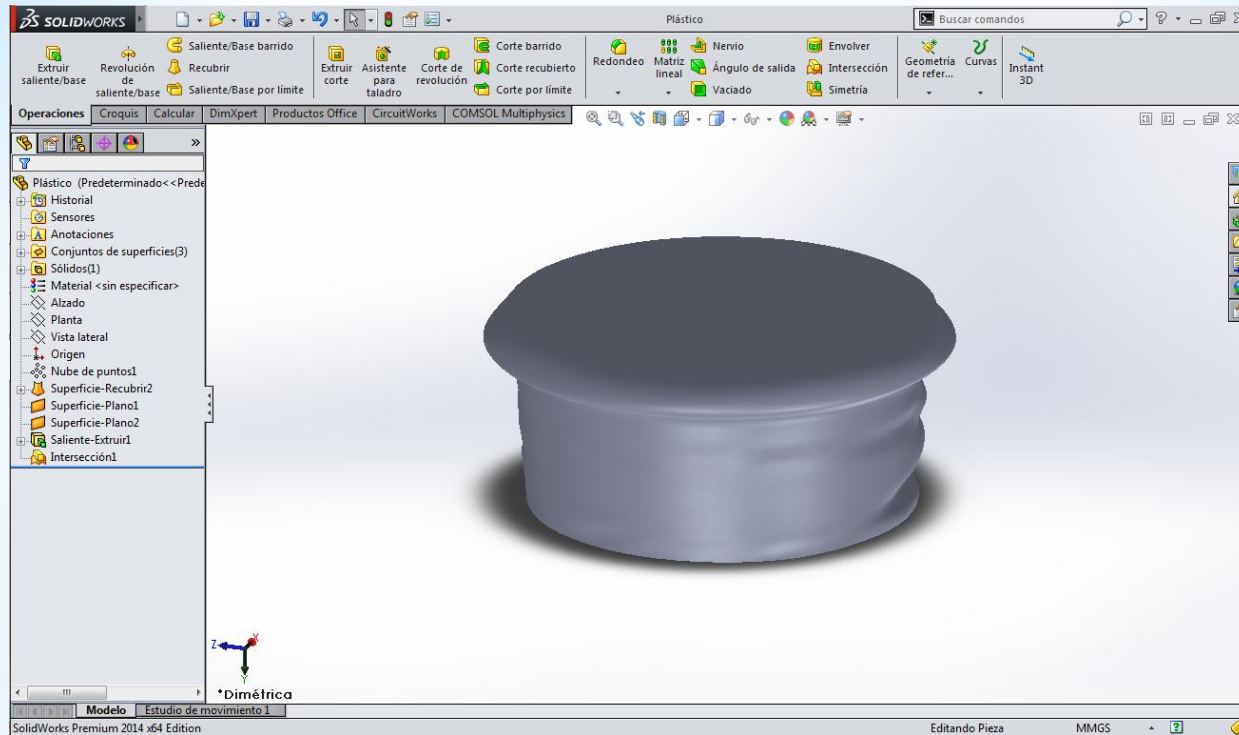
# BOTELLA DE MADERA



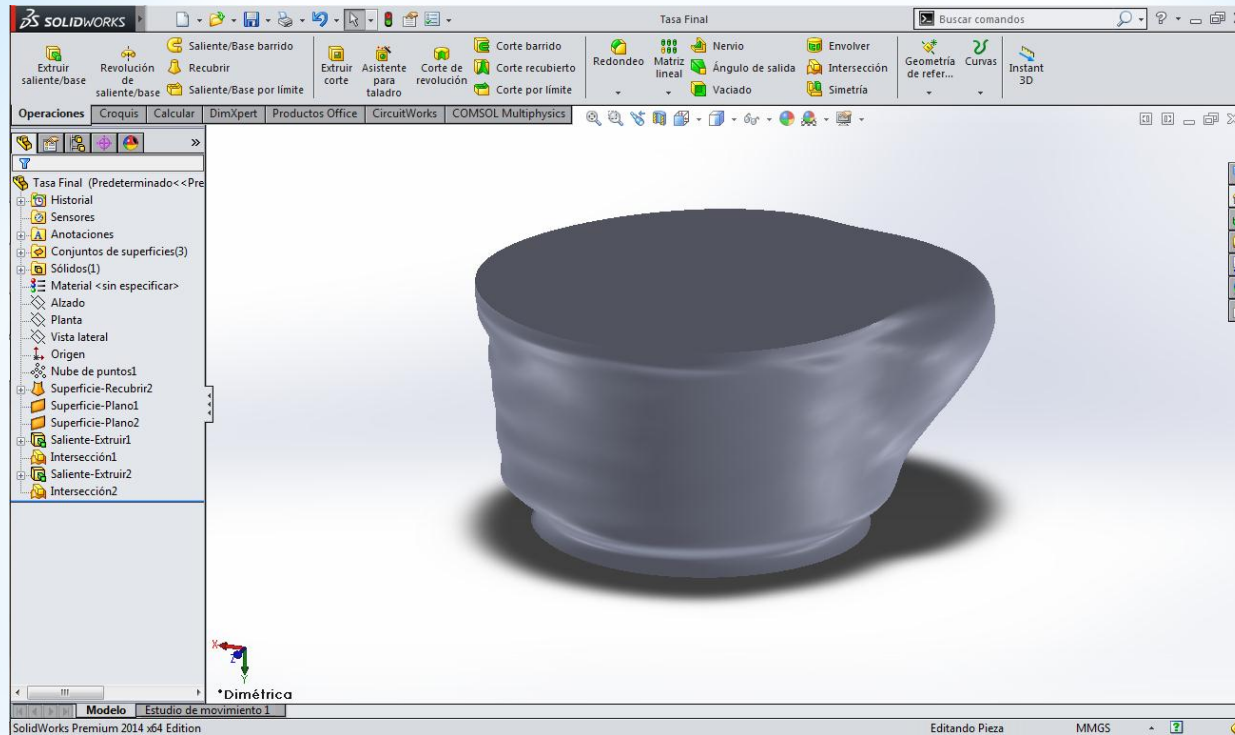


# FLORERO DE CERÁMICA EN FORMA DE CORAZÓN Y CON PINTURA BRILLOSA





# FRASCO DE PLÁSTICO



# TAZA DE CAFÉ DE CERÁMICA CON PINTURA BRILLOSA



OBJETO IMPRESO



OBJETO REAL Y OBJETO  
IMPRESO VISTA FRONTAL





OBJETO REAL Y OBJETO  
IMPRESO VISTA LATERAL

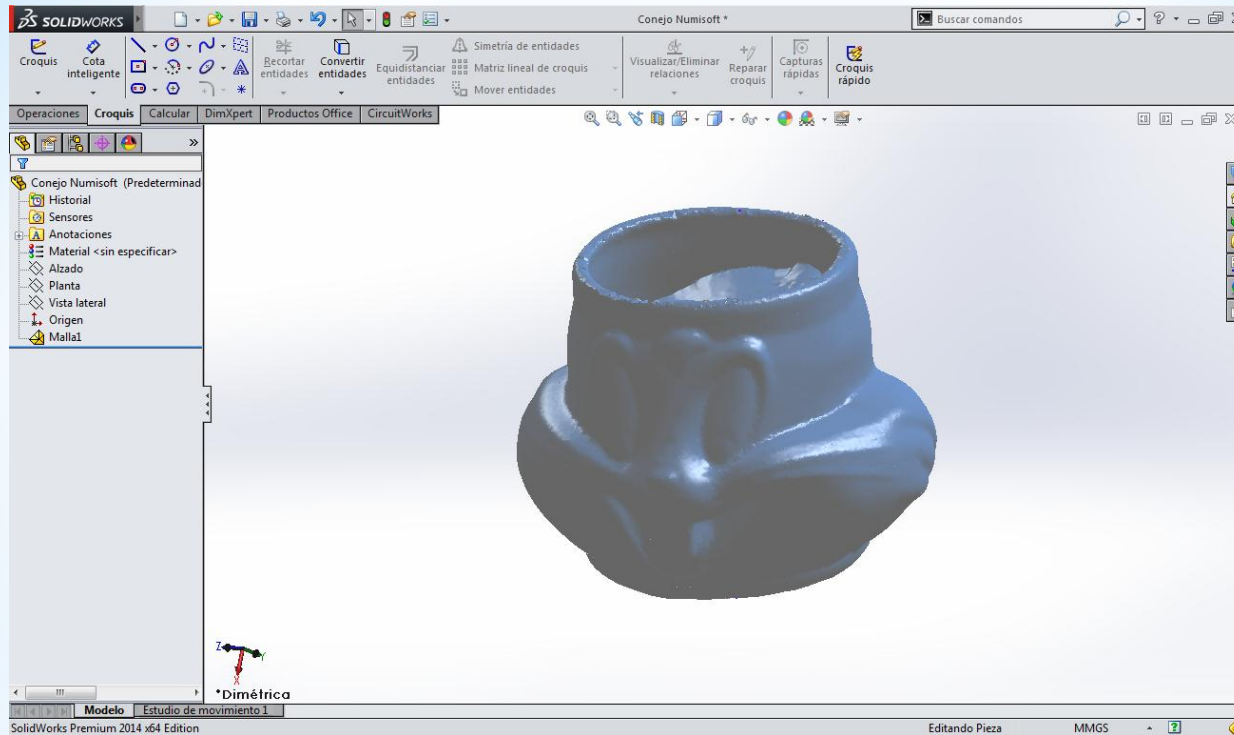


OBJETO REAL Y OBJETO  
IMPRESO VISTA SUPERIOR





OBJETO REAL Y OBJETO  
IMPRESO VISTA ISOMÉTRICA



RESULTADO CON EL  
ESCÁNER 3D NOOMEIO

## Comparación de medidas del objeto

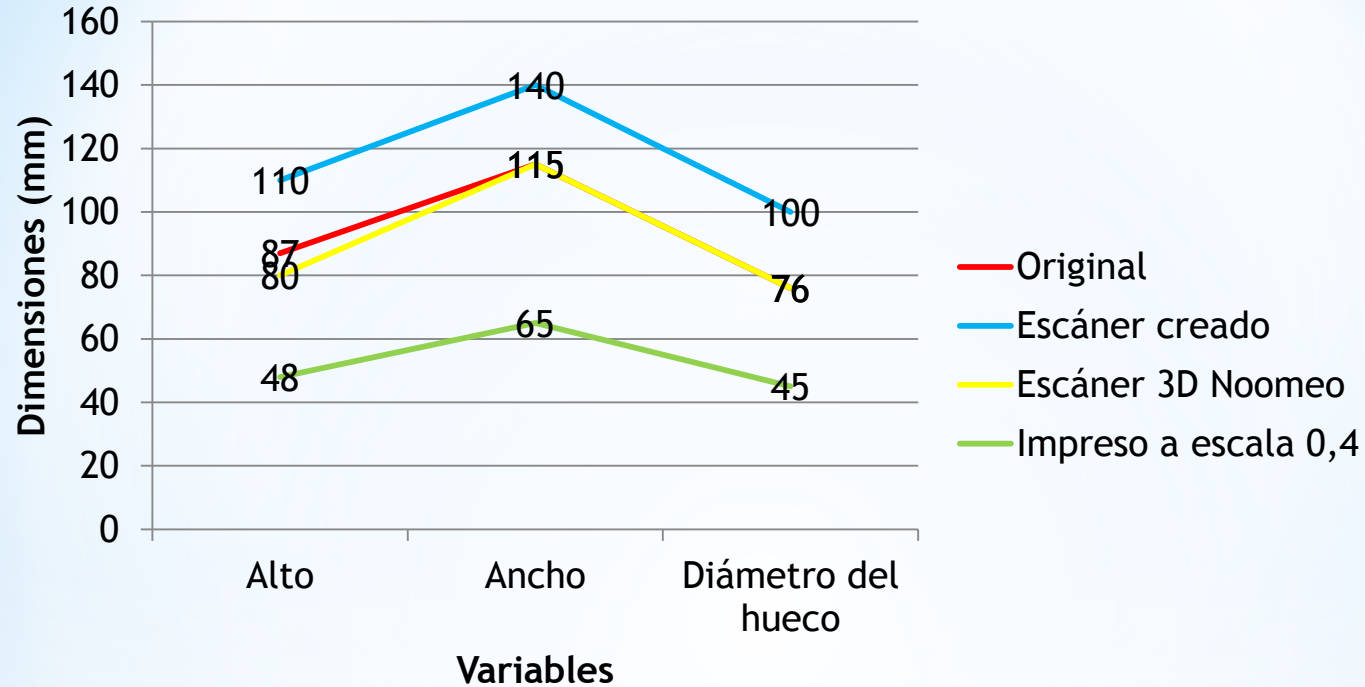


GRÁFICO DE MEDIDAS  
GENERALES DEL FRASCO

## Comparación de los detalles del objeto

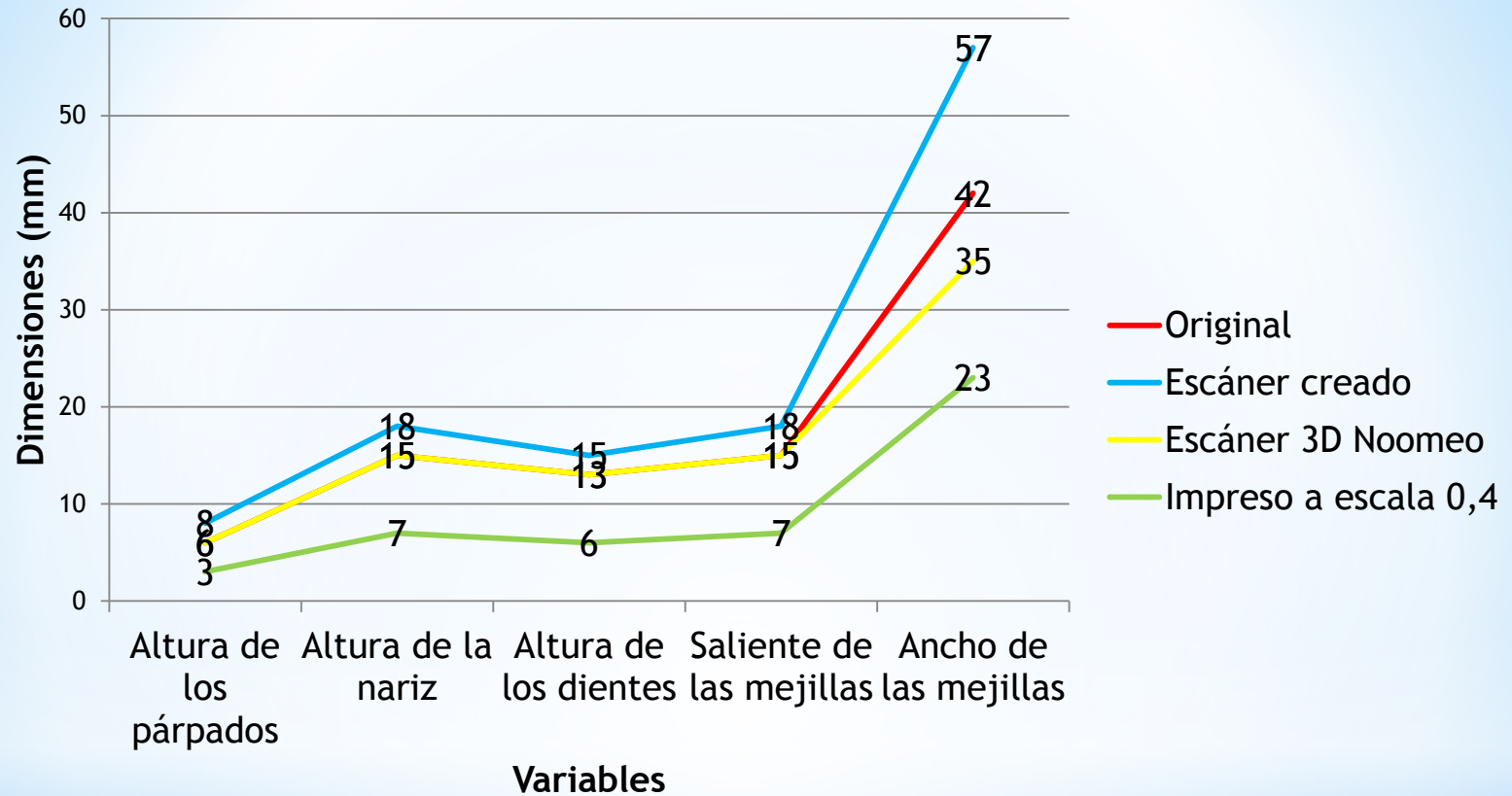


GRÁFICO DE MEDIDAS DE LOS  
DETALLES DEL FRASCO

	Alto (mm)	Ancho (mm)	Diámetro del hueco (mm)	Promedio
Original	87	115	76	92,7
Escáner creado	110	140	100	116,7
ERROR (Ec - O)	23	25	24	24

# MEDIDAS GENERALES DEL FRASCO DE CERÁMICA



	Altura de los párpados (mm)	Altura de la nariz (mm)	Altura de los dientes (mm)	Saliente de las mejillas (mm)	Ancho de las mejillas (mm)	Promedio
Original	6	15	13	15	42	18,2
Escáner creado	8	18	15	18	57	23,2
ERROR (Ec - O)	2	3	2	3	15	5

# MEDIDAS DE LOS DETALLES DEL FRASCO DE CERÁMICA

Calculado el error porcentual de las mediciones se obtiene los siguientes resultados: 25,89% en cuanto se refiere a medidas generales y 27,47% en cuanto se refiere a las medidas de los detalles que tiene el frasco de cerámica. El escáner creado generó un archivo a escala 1:26 ya que las imágenes se cortaron a la mitad de su tamaño.

**RESULTADOS EN BASE  
A LAS MEDIDAS**

El operario puede reducir estos dos errores desde la pantalla de inicio, introduciendo un valor que permita la reducción del tamaño de la imagen original y generar el archivo que contiene la nube de puntos, luego de esto procesar el mismo y una vez que esté hecho sólido medirlo y determinar si el tamaño es apropiado o no, caso contrario tendría que ingresar otro valor de reducción y volver a repetir el proceso.

## RESULTADOS EN BASE A LAS MEDIDAS

ORDEN	DETALLE	TOTAL USD
1	WEBCAM	20
2	MOTOR	20
3	SOFTWARE	60
4	ADQUISICIÓN DE MATERIALES	150
5	INTERNET	50
6	VARIOS	150
	TOTAL	450

# ANÁLISIS TÉCNICO - ECONÓMICO

¿Con el procesamiento de imágenes obtenidas mediante 2 webcams se logrará obtener un objeto en 3D que será luego procesado en software CAD?



HIPÓTESIS



- Se diseñó y construyó un escáner digital 3D con la utilización de una cámara web, un motor a pasos, un pic con su respectivo circuito de control y potencia y el software Matlab versión de 32 bits, dicho sistema está diseñado para objetos que deben estar entre 5cm como mínimo y 13cm como máximo en lo que se refiere al alto y al ancho, el peso debe estar entre 100gr como mínimo y 500 gr como máximo del objeto, el objeto no debe tener muchos detalles ya que no se pueden generar como son en el original y simplemente salen los rasgos.

- Se creó un programa para encontrar las coordenadas de un punto en el espacio y guardar la información en un nuevo archivo con un cierto tipo de extensión, en este caso .obj y .txt.

# CONCLUSIONES

- Con el archivo .txt creado se tuvo un mejor resultado gracias a que la nube de puntos se la pudo manipular de mejor manera en cuanto a creación de curvas, superficies y sólidos con el software SolidWorks a diferencia del archivo en forma de malla que resulto más complicado su manipulación.

- El tiempo que se demora en escanear un objeto está alrededor de 10 minutos, un valor alto debido a la velocidad de comunicación que existe entre el Matlab y el pic, ya que se necesita de ciertos tiempos de espera tanto en el programa de Matlab como el programa del pic para que pueda leer los datos de envío y recepción.

- El sistema empleado es flexible ya que el operador puede cambiar la programación a cualquier instante e ir haciendo las pruebas necesarias hasta conseguir la correcta programación para la aplicación que desee realizar.

- Para que el escáner funcione correctamente es necesario tener instalado Matlab versión de 32 bits ya que los archivos para la comunicación son para esta versión.

- Para mejorar la resolución del escaneado en cuanto a detalles se refiere es utilizar otro motor que posea un menor número de grados por paso para poder obtener más imágenes y más unidas, o a su vez utilizar un circuito capaz de convertir los pasos del motor en micro pasos y así lograr un menor ángulo de giro.

- Para tener un mejor resultado de escaneado los objetos deben estar pintados de color blanco sin brillo, ya que si el objeto tiene diferentes colores se debe modificar la programación para que los detecte y que de esta manera no se pierdan píxeles al momento de realizar el cambio a escala de grises y por ende que no se distorsione el resultado.

# RECOMENDACIONES

- Siempre que conectemos nuestra placa de control del motor a la PC vía USB comprobar en el administrador de dispositivos si le reconoció sino para proceder a cargar el archivo .inf y volver a conectar el dispositivo.
- Siempre que se realice algún cambio en la programación poner algún símbolo o palabras que indique dentro del código las líneas que se han modificado.
- Para que el programa se desarrolle con normalidad se debe guardar todos los archivos en una misma carpeta tanto los .m y .fig que se crean en Matlab así como los necesarios para que exista la comunicación entre el PIC y Matlab y las figuras que se desee que aparezcan como fondo en las interfaces gráficas.





MUCHAS GRACIAS  
POR LA ATENCIÓN