



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Electromecánica

Diseño e implementación de módulos didácticos de torneado y fresado asistido por  
computador para mejorar el aprendizaje de la educación virtual en la Universidad de las  
Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga

**Autores:**

Mejía Coque, Daniel Anthony  
Paniluisa Panchi, Henry Efraín

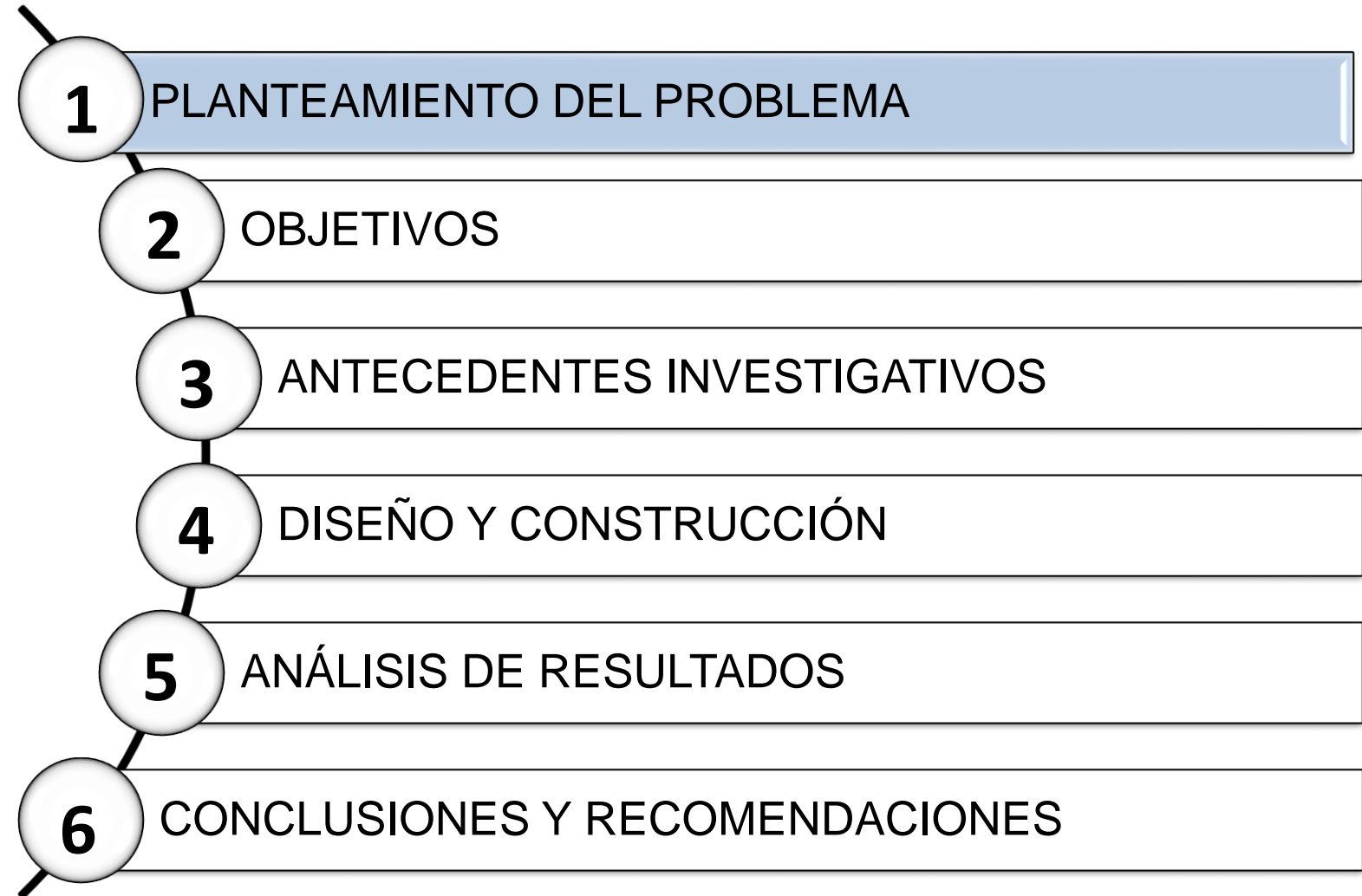
Ing. Acuña Coello, Fausto Vinicio, **Director**



# AGENDA:

- 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 2 OBJETIVOS
- 3 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS
- 4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
- 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# AGENDA:



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, las instituciones de educación superior tienen la obligación de impartir cátedra a todos sus estudiantes cuando se presentan casos imprevistos como la pandemia del Coronavirus que prácticamente provocó una cuarentena mundial, causando que las clases sean dictadas de manera virtual. En el Ecuador, en los últimos meses se han presentado manifestaciones a nivel nacional, lo que a provocado que las clases sean interrumpidas y dictadas de forma virtual afectando directamente a los estudiantes que en su malla curricular requieren desarrollar talleres o laboratorios utilizando diferentes máquinas-herramientas, evidenciando la carencia de implementos para realizar sus practicas.

La educación a distancia rodeada por las nuevas tecnologías de información y comunicación están ganando espacio en todo ámbito generalmente en la educación universitaria.

# AGENDA:

- 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 2 OBJETIVOS
- 3 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS
- 4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
- 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

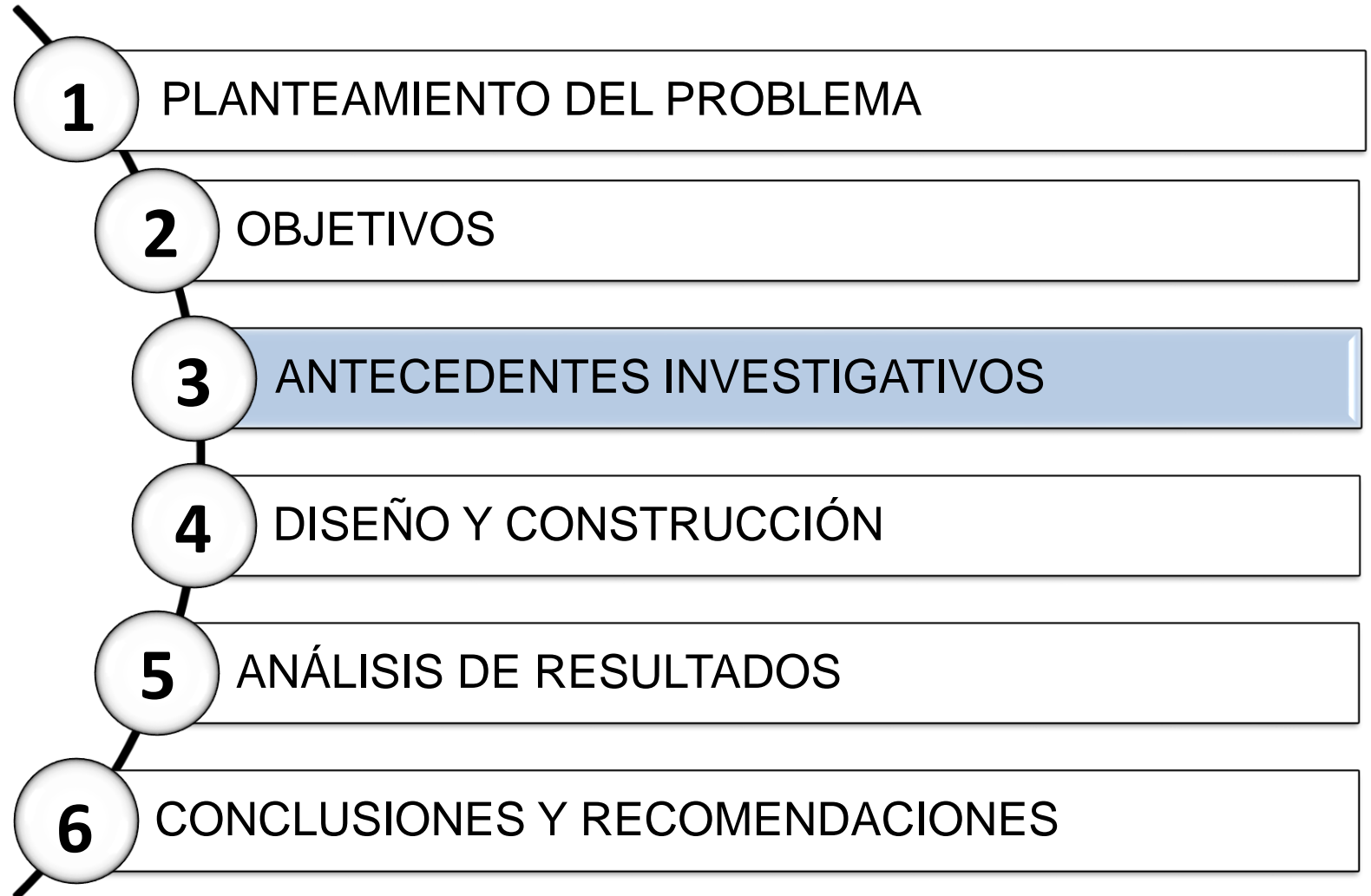
# OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar módulos didácticos de torneado y fresado asistidos por computador para mejorar el aprendizaje de la educación virtual en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga.

# OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar proyectos referentes al planteado.
- Diseñar el sistema mecánico y electrónico para el módulo.
- Seleccionar materiales y equipos necesarios para la implementación de los módulos.
- Implementar los módulos didácticos de torneado y fresado asistidos por computador.
- Realizar pruebas de funcionamiento de los mecanismos de los módulos correspondientes.

# AGENDA:

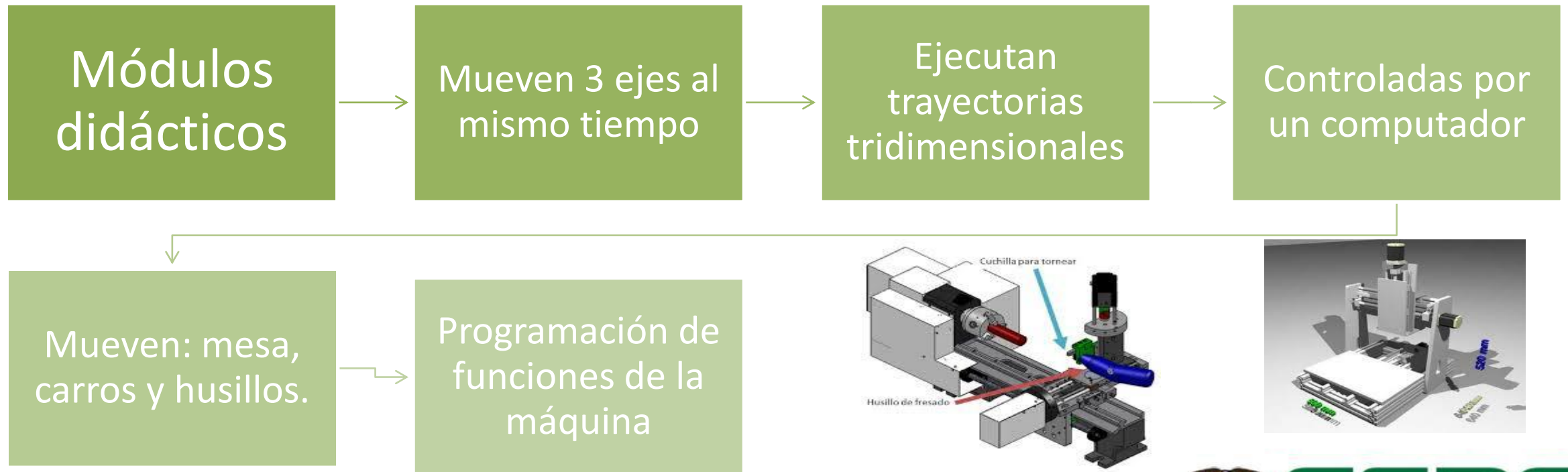




# ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Las tendencias actuales de automatización y fabricación flexible, están basadas en máquinas CNC conectadas a un ordenador, donde se puede almacenar programas y otorgar funciones de programación.

El CNC se usa en la fabricación de muchos productos de ebanistería, carpintería, incluso en módulos didácticos.



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE MÁQUINA DE CNC EN LA ELABORACIÓN DE PLACAS ELECTRÓNICAS

Variable	Descripción
Dimensiones de espacio de trabajo	<ul style="list-style-type: none"><li>• X= 250 mm</li><li>• Y= 200 mm</li><li>• Z= 70 mm</li></ul>
Estructura	Aluminio tipo V de 32x32 mm
Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• NEMA 17</li><li>• Driver A4988</li><li>• Tarjeta Arduino Uno</li><li>• CNC Shield</li></ul>
Software de control	bCNC

# DISEÑO Y MONTAJE DE ROUTER CNC PARA EL LABORATORIO DE PROCESOS DE MANUFACTURA

Variable	Descripción
Dimensiones de espacio de trabajo	<ul style="list-style-type: none"><li>• X= 500 mm</li><li>• Y= 350 mm</li><li>• Z= 100 mm</li></ul>
Estructura	Mapresa en crudo
Componentes mecánicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Acople flexible de (5-8)mm</li><li>• Bloque de aluminio para tuerca M8</li><li>• Chumacera M8</li><li>• Guía lineal circular 8 mm L (300,500) mm</li><li>• Rodamiento lineal SC8UU 8 mm</li></ul>
Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• NEMA 17</li><li>• Driver A4988</li><li>• Tarjeta Arduino Uno R3</li><li>• CNC Shield</li></ul>
Software de control	Universal G Code Sender



# DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN MINI TORNO CNC DE DOBLE HERRAMENTAL CON MOVIMIENTO CONCURRENTE

Variable	Descripción
Dimensiones de espacio de trabajo	<ul style="list-style-type: none"><li>• X= 400 mm</li><li>• Z= 100 mm</li></ul> Diámetro máximo mecanizado: 100 mm
Estructura	Hierro fundido
Sistema mecánico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Bancada baja</li><li>• Guías</li><li>• Sistema tuerca tornillo y banda/polea</li></ul>
Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Motores a pasos y DC</li><li>• PIC</li><li>• Reguladores LM 338 y LM 117</li></ul>
Software de control	Dynamic C Interfaz MTCDHC

# MINI TORNO CNC DE ALTA PRECISIÓN SP2138

Variable	Descripción
Dimensiones de espacio de trabajo	<ul style="list-style-type: none"><li>• X= 100 mm</li><li>• Z= 150 mm</li></ul> Diámetro máximo mecanizado: 100 mm
Estructura	Hierro fundido lubricado de alta calidad
Sistema mecánico	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tornillo de bola de alta precisión y rodamientos de alta calidad.</li><li>• Husillo de 10 mm</li><li>• Contrapunto Taper MT1</li></ul>
Componentes electrónicos	<ul style="list-style-type: none"><li>• Motores de 150 w con dimensiones (LxWxH) 730x380x350</li></ul>
Sistemas de programación	MACH GSK SIEMENS

# VIGILANCIA CON VIDEO IP Y REDES INALAMBRICAS

La tecnología de video vigilancia IP utiliza protocolos de internet (IP) para comprimir y transmitir el video digital por redes ethernet estándar, la interfaz inalámbrica es transparente y su conexión es simple.

EQUIPOS DE VIDEO IP	EQUIPOS DE VIDEO ANALÓGICOS
Ausencia de cables	Requieren de cableados
Menor costo de transmisión	Alto costo de transmisión
Supervisión remota en tiempo real	Supervisión local

La correcta selección de la tecnología IP, arquitectura apropiada y cámaras IP con buenas prestaciones, son aspectos de gran importancia.

# ESTADO ACTUAL DEL LABORATORIO DE CNC DE LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE-L

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Sede Latacunga, posee a su cargo el Laboratorio de CNC, como se puede observar en la figura, el mismo se encuentra dividido en dos áreas, el diseño asistido por computadora (CAD) y manufactura asistida por computadora (CAM), a la vez se capacita diariamente a estudiantes y al público general.



CAD



CAM

Centro de mecanizado vertical LEADWELL V-30

Centro de mecanizado vertical CNC de 5 ejes

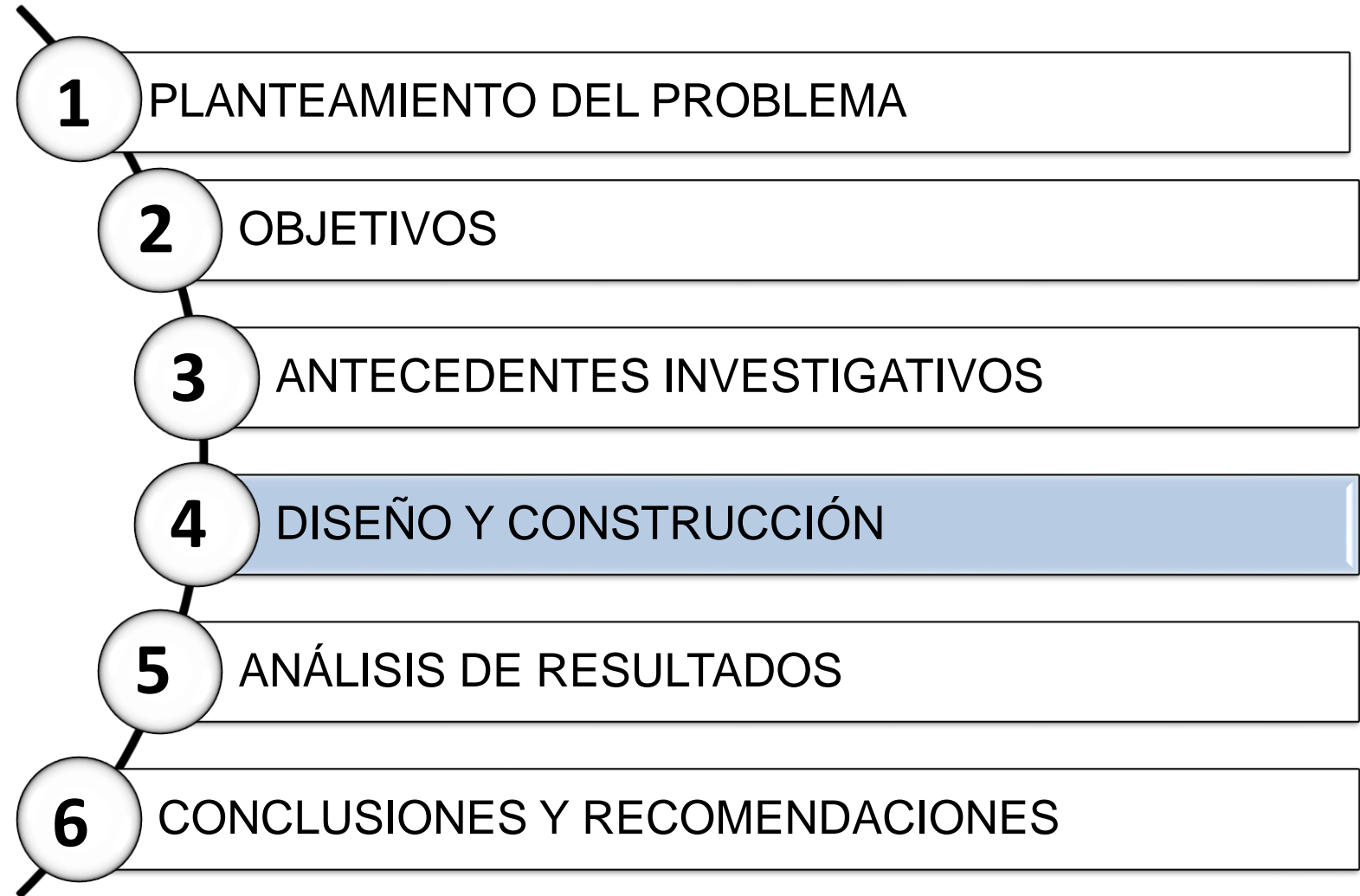
Torno automático mediante control numérico computarizado CNC

Prototipo de una máquina taladradora de control numérico computarizado

Prototipo de torno fresadora de control numérico computarizado para el laboratorio CNC de la ESPE Latacunga



# AGENDA:

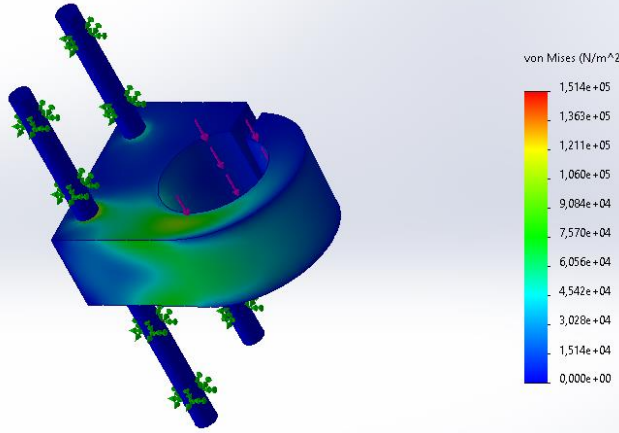




# DISEÑO ESTRUCTURAL POR COORDENADAS

## Coordenada Z

Carga	Masa; 0.65kg / 1,65 lb Carga: 7 N 10% seguridad
Material de ejes	Acero AISI 1020 S= 30 Psi
Momento permisible	$M_p = F_{p1} * a$ $= 3.3lb * 20$ $1pulg$ $* \frac{25.4 mm}{25.4 mm}$ $= 3.59 lb$ $* pulg$
Diámetro calculado/ optimizado	Dc= 3,3 mm Do= 8mm

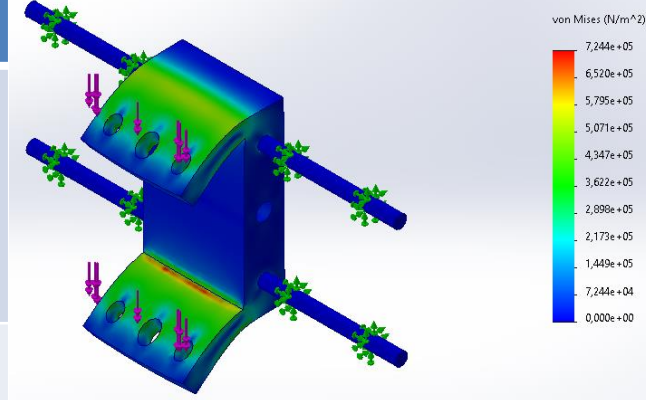


$$\sigma_{max} = \frac{4 V}{3 A}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_p * ns}{S * \pi}}$$

## Coordenada X

Carga	Masa; 1.5kg / 3.3 lb Carga: 16.2 N 10% seguridad
Material de ejes	Acero AISI 1020 S= 30 psi
Momento permisible	$M_p = F * a$ $= 7.26lb$ $* 85mm$ $* \frac{1pulg}{25.4 mm}$ $= 24.29 lb$ $* pulg$
Diámetro calculado/ optimizado	Dc= 6.46 mm Do= 8 mm



# DISEÑO ESTRUCTURAL POR COORDENADAS

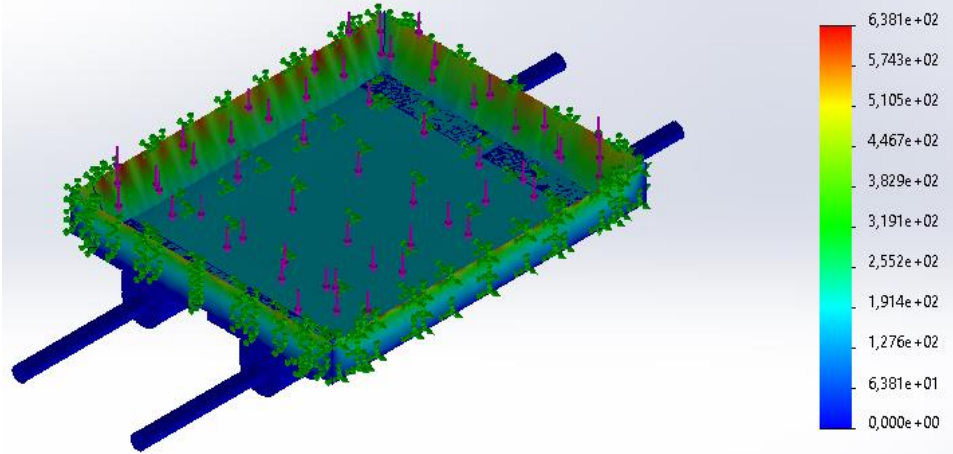
## Coordenada Y

Carga  
Masa; 0.95kg /  
12.09 lb  
Carga: 10.24 N  
10% seguridad

Material de  
ejes  
Acero AISI  
1020  
S= 30 Psi

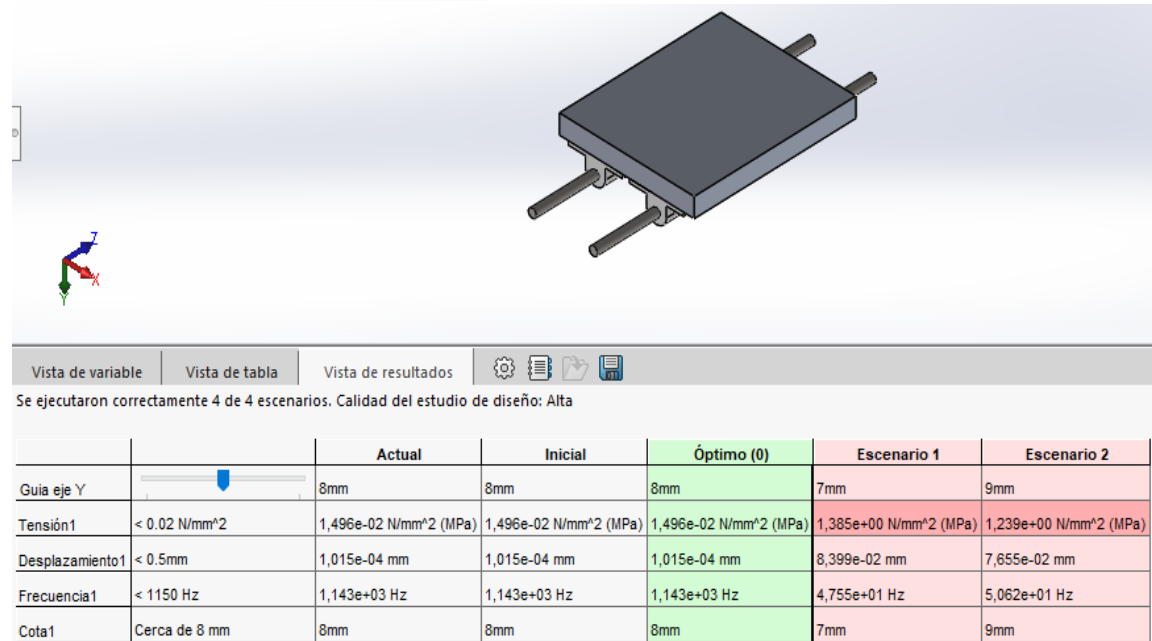
Momento  
permisible  
 $M_p = F_{p1} * a$   
 $= 3.3lb * 20$   
 $1pulg$   
 $* \frac{25.4 mm}{25.4 mm}$   
 $= 3.59 lb$   
 $* pulg$

Diámetro  
calculado/  
optimizado  
Dc= 5.6 mm  
Do= 8 mm



$$\sigma_{max} = \frac{4V}{3A}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32M_p * ns}{S * \pi}}$$



# TORNILLO PARA TRANSMISIÓN DE MOVIMIENTO

$S_v$ : Área de corte o sección de viruta ( $mm^2$ )

$K_s$ : Presión de corte específico ( $N/mm^2$ )

Como datos para el proceso de fresado se tiene:

Material: Madera y plástico (aproximada a metales ligeros)

Diámetro de fresa ( $D$ ) = 3 mm

Numero de dientes ( $z$ ) = 2

Velocidad de corte ( $V_c$ ) = 160 m/min

Avance por diente ( $S_z$ ) = 0.08 mm

Ancho de la fresa ( $b$ ) = 1.5 mm

Profundidad de fresado ( $a$ ) = 5 mm

Cantidad admisible de viruta ( $V'$ ) =  $75 \frac{cm^3}{Kw} * min$

Variable	Ecuación	Valor
Velocidad de corte	$N = \frac{V_c * 1000}{\pi * d}$	16976 RPM
Velocidad de avance	$S' = S_z * z * N$	1358.08 mm/min
Cantidad máxima admisible de viruta	$V = \frac{a * b * s'}{1000}$	$10.18 \frac{cm^3}{min}$
Sección de la viruta	$S_v = a * S_z$	0.2 mm <sup>2</sup>
Área del tornillo	$A = \frac{F}{T_D}$	0.0093 Pulg <sup>2</sup>
Diámetro de eje	$d = \sqrt{\frac{4 * A}{\pi}}$	7.2 mm



# OTROS COMPONENTES MECÁNICOS

Componente	Figura
Tuerca de bronce para tornillo trapecoidal T8 Brass Nut (ACME)	
Rodamiento lineal 8mm Lm8uu	
Soporte para rodamiento (Impresión 3D)	
Bases de motores PaP (Acrílico 7mm)	
Soporte para motor de cabezal de fresado (Impresión 3D)	

# COMPONENTES ELECTRÓNICOS

Variable	Descripción
Motores a pasos	NEMA 17, T= 0.21 Nm
Cabezal de fresado	Motor Dc, 100 W, n=12000 RPM
Finales de carrera	Micro switches, 15 A y 125 VAC
Tarjeta de control	Arduino Uno R3
Tarjetas de potencia	CNC Shield + Drivers A4988



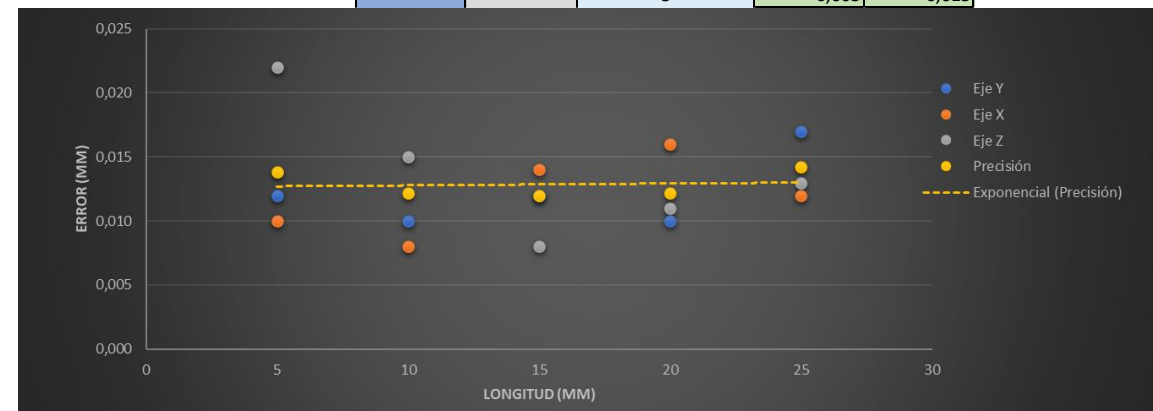
# AGENDA:

- 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 2 OBJETIVOS
- 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
- 4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
- 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

# PRUEBAS DE ERROR Y REPETIBILIDAD SEGÚN NORMA ISO 10360-2, PARA EL MÓDULO DE FRESADO

Para probar el error de indicación y repetibilidad de una longitud “x” de prueba medida y calibrada, se usó la normativa ISO 10360-2-2009, esta nos indica que es aplicable en máquinas de sistema cartesiano; adicional se tomaron 5 valores de diferentes longitudes de pruebas y fueron medidas 3 veces en 5 posiciones diferentes usando como herramienta de ayuda un reloj comparador, teniendo un total de 75 mediciones de prueba.

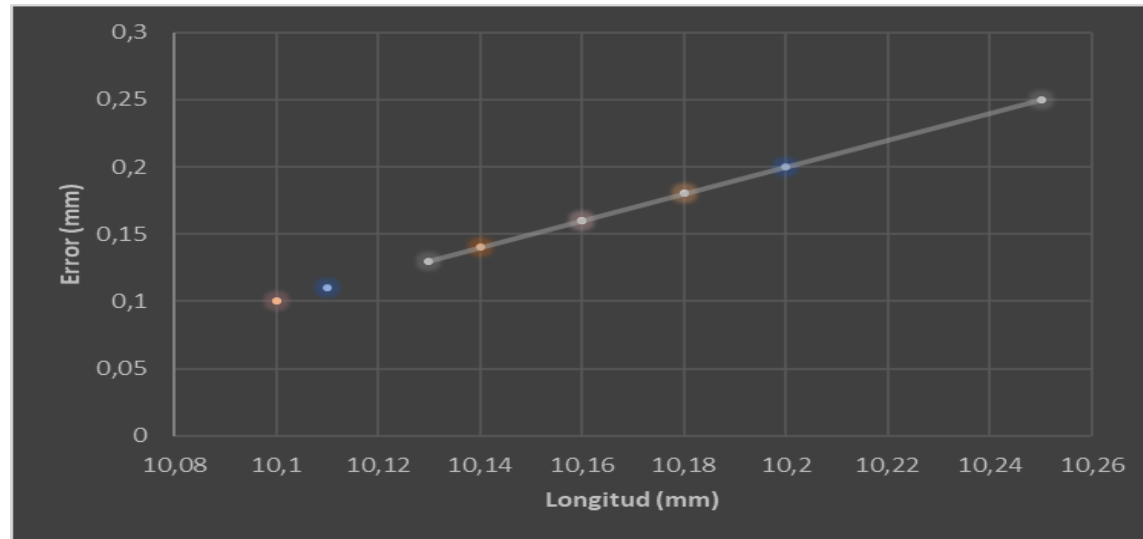
EJES	Número de posicion	Longitudes	RO	MPE
Y	1	25	0,001	0,012
		20	0,007	0,014
		15	0,003	0,013
		10	0,006	0,017
		5	0,007	0,015
	2	25	0,009	0,017
		20	0,006	0,010
		15	0,009	0,012
		10	0,006	0,010
		5	0,006	0,012
X	3	25	0,004	0,012
		20	0,012	0,016
		15	0,004	0,014
		10	0,006	0,008
		5	0,005	0,010
	4	25	0,006	0,012
		20	0,008	0,011
		15	0,012	0,014
		10	0,006	0,013
		5	0,008	0,011
Z	5	25	0,013	0,022
		20	0,007	0,015
		15	0,004	0,008
		10	0,004	0,011
		5	0,003	0,013



# PRUEBAS DE LAS FIGURAS

Las pruebas se realizaron para el fresado de cuadrados y círculos de diferentes dimensiones.

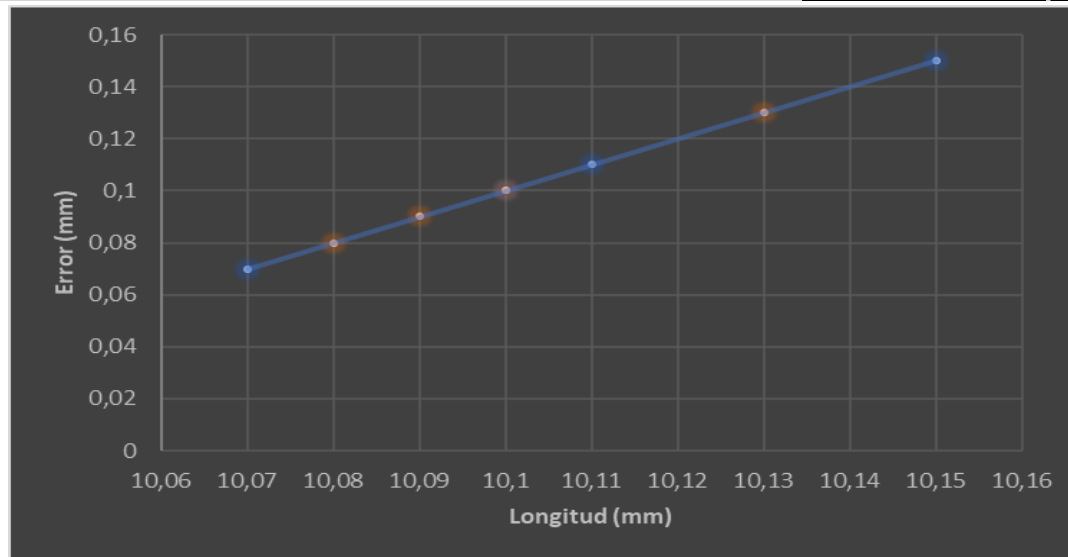
Figura	Longitud	1-1'	2-2'	3-3'	4-4'	5-5'	6-6'	Error 1	Error 2	Error 3	Error 4	Error 5	Error 6	Promedio	
Cuadrado 1	10	10,2	10,1	10,25	10,09	10,1	10,09	0,2	0,1	0,25	0,09	0,1	0,09	0,14	
Cuadrado 2	10	10,1	10,18	10,13	10,09	10,11	10,1	0,1	0,18	0,13	0,09	0,11	0,1	0,12	
Cuadrado 3	10	10,16	10,14	10,18	10,13	10,13	10,14	0,16	0,14	0,18	0,13	0,13	0,14	0,15	
Cuadrado 4	10	10,11	10,16	10,16	10,1	10,14	10,13	0,11	0,16	0,16	0,1	0,14	0,13	0,13	
														Error en piezas pequeñas	0,13
Cuadrado 5	25	25,4	25,55	25,5	25,55	25,55	26	0,4	0,55	0,5	0,55	0,55	1	0,6	
														Error en piezas grandes	0,6





# PRUEBAS DE LAS FIGURAS

Figura	Longitud	1-1'	2-2'	3-3'	Error 1	Error 2	Error 3	Promedio
Circulo 1	10	10,1	10,07	10,11	0,1	0,07	0,11	0,09
Circulo 2	10	10,09	10,11	10,11	0,09	0,11	0,11	0,10
Circulo 3	10	10,08	10,1	10,08	0,08	0,1	0,08	0,09
Circulo 4	10	10,13	10,15	10,18	0,13	0,15	0,18	0,15
					Error en piezas pequeñas			0,11
Circulo 5	25	25,4	25,8	25,5	0,4	0,8	0,5	0,57
					Error en piezas grandes			0,57

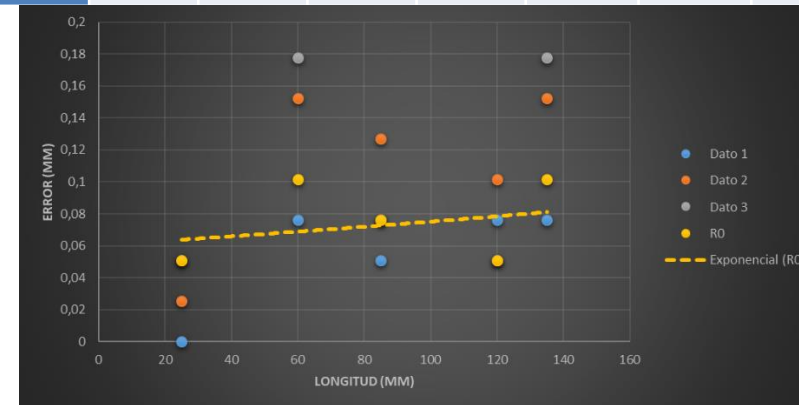


# PRUEBAS DE ERROR Y REPETIBILIDAD SEGÚN NORMA ISO 10360-2, PARA EL MÓDULO DE TORNEADO

En la tabla se puede observar las mediciones realizadas en distintos valores de longitud y en 3 posiciones diferentes, se obtuvo un error máximo en la posición 2 de 0.1778 mm y una repetibilidad de 0.1016 mm para la longitud máxima de 135 mm, evidenciando que existe mayor error en longitudes grandes.

En la figura se presenta el diagrama de dispersión de los errores obtenidos en el eje "X" (Posiciones 1,2 y 3), comprobando de forma gráfica que el error y la repetibilidad se incrementa a medida que la longitud (L) aumenta. Se puede observar también que el eje X posee una precisión aproximada de 0.02 mm.

EJES	Número de Posición	Longitudes	EL			RO	MPE
			Dato 1	Dato 2	Dato 3		
X	1	135	0,0508	0,0762	0	0,0762	0,0762
		120	0,0254	0	0,1016	0,1016	0,1016
		85	0,0254	0,127	0,0508	0,1016	0,127
		60	0,127	0,1524	0,1778	0,0508	0,1778
		25	0,0508	0,0254	0	0,0508	0,0508
	2	135	0,0762	0,1524	0,1778	0,1016	0,1778
		120	0,0762	0,1016	0,0508	0,0508	0,1016
		85	0,0508	0,127	0,0762	0,0762	0,127
		60	0,0762	0,1524	0,1778	0,1016	0,1778
		25	0	0,0254	0,0508	0,0508	0,0508
	3	135	0	0,0254	0,0127	0,0254	0,0254
		120	0,0254	0,0254	0	0,0254	0,0254
		85	0,0254	0,0508	0	0,0508	0,0508
		60	0,0508	0,0127	0	0,0508	0,0508
		25	0,0762	0,0254	0,0508	0,0508	0,0762

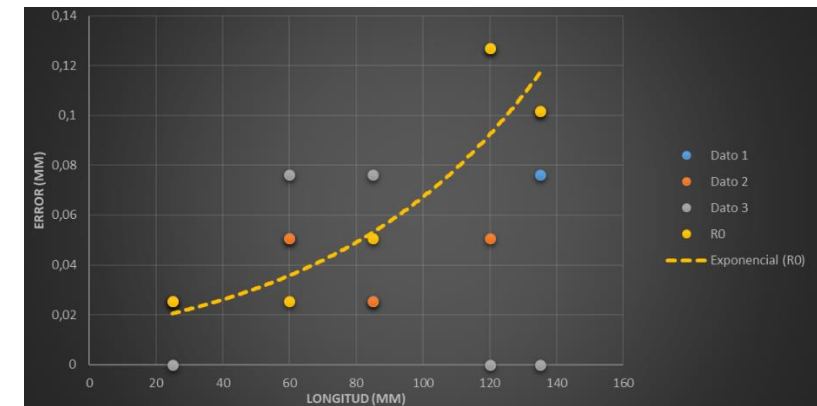


# PRUEBAS DE ERROR Y REPETIBILIDAD SEGÚN NORMA ISO 10360-2, PARA EL MÓDULO DE TORNEADO

La tabla indica los valores de las mediciones en vacío realizadas de acuerdo a la norma ISO 10369-2, notando entres esos valores que se produce un error y repetibilidad de 0.127 mm en la longitud L=120 mm, este error se produce al aumentar la longitud de medición.

En la figura se presenta el diagrama de dispersión de los errores obtenidos en el eje "Z" (Posiciones 4 y 5), se verifica que el error y la repetibilidad se incrementa a medida que la longitud (L) aumenta (tabla 42), además este eje presenta una precisión de 0.1 mm aproximadamente.

EJES	Número de Posición	Longitudes	EL			R0	MPE
			Dato 1	Dato 2	Dato 3		
Z	4	135	0,0762	0,1016	0	0,1016	0,1016
		120	0,127	0,0508	0	0,127	0,127
		85	0,0254	0,0254	0,0762	0,0508	0,0762
		60	0,0508	0,0508	0,0762	0,0254	0,0762
		25	0,0254	0,0254	0	0,0254	0,0254
	5	135	0,1016	0,0254	0,0508	0,0762	0,1016
		120	0,0508	0,1016	0,0508	0,0508	0,1016
		85	0,0762	0	0,0254	0,0762	0,0762
		60	0,0508	0,0508	0,0254	0,0254	0,0508
		25	0	0,0254	0,0508	0,0508	0,0508

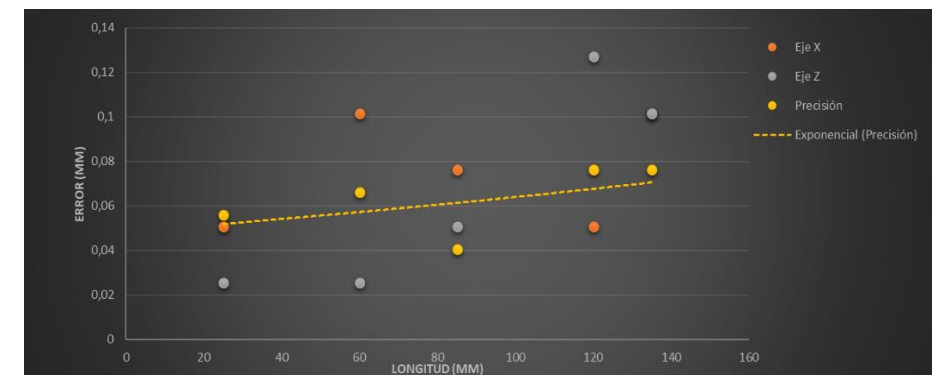


# PRUEBAS DE ERROR Y REPETIBILIDAD SEGÚN NORMA ISO 10360-2, PARA EL MÓDULO DE TORNEADO

Para determinar la precisión del módulo de torneado, se realizó el diagrama de dispersión unificado de los ejes "X" y "Z" (ver tabla 43), la curva resultante indica el promedio de los datos en cada punto de los 2 ejes. La precisión mínima del módulo didáctico de torno es de 0,0254 mm (L= 135 mm), además de poseer una repetibilidad de 0,0254 y la máxima es de 0,0508 mm (L= 85 mm), con una repetibilidad de 0,0508 mm, entonces, la precisión promedio del módulo didáctico es de 0,06604 mm con una repetibilidad de 0,0254 mm.

EJES	Número de Posición	Longitudes	RO	MPE
X	1	135	0,0762	0,0762
		120	0,1016	0,1016
		85	0,1016	0,127
		60	0,0508	0,1778
		25	0,0508	0,0508
	2	135	0,1016	0,1778
		120	0,0508	0,1016
		85	0,0762	0,127
		60	0,1016	0,1778
		25	0,0508	0,0508
	3	135	0,0254	0,0254
		120	0,0254	0,0254
		85	0,0508	0,0508
		60	0,0508	0,0508
		25	0,0508	0,0762
Z	4	135	0,1016	0,1016
		120	0,127	0,127
		85	0,0508	0,0762
		60	0,0254	0,0762
		25	0,0254	0,0254
	5	135	0,0762	0,1016
		120	0,0508	0,1016
		85	0,0762	0,0762
		60	0,0254	0,0508
		25	0,0508	0,0508

Como se aprecia en la Figura y en base a las pruebas en vacío, el módulo de torneado presenta una precisión global de 0.02 mm en todo su sistema, también es notorio el crecimiento del error al aumentar la medida de longitud.

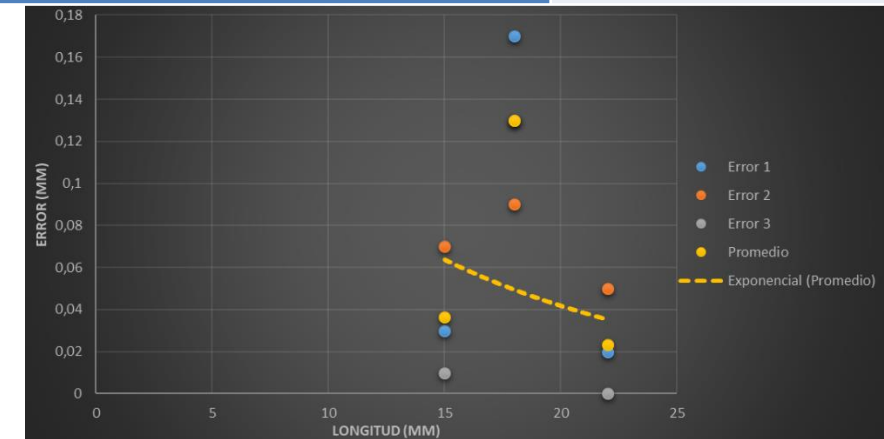


## Pruebas de cilindrado

Figura	Longitud	1-1'	2-2'	3-3'	Error 1	Error 2	Error 3	Promedio
Cilindrado 1	22	22,02	22,05	22	0,02	0,05	0	0,02
Cilindrado 2	18	18,17	18,09	18,13	0,17	0,09	0,13	0,13
Cilindrado 3	15	15,03	15,07	15,01	0,03	0,07	0,01	0,04
Error en cilindrado								0,06

La Tabla se indica las mediciones obtenidas en el proceso de cilindrado mediante el módulo de torno CNC, para cilindrados de diámetros pequeños se tiene un error promedio de 0,02 mm, mientras que para cilindrados pequeños el error disminuye a 0,04 mm

Como se puede observar en la figura 95, la máquina posee una precisión de 0.06 mm para cilindrados. La curva presentada indica que la precisión tiende a disminuir cuando los cilindrados son de diámetros mayores.



# AGENDA:

- 1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
- 2 OBJETIVOS
- 3 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA
- 4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN
- 5 ANÁLISIS DE RESULTADOS
- 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## CONCLUSIONES

- Se implementó un prototipo de módulos de torno y fresadora asistidos por computador para mejorar el aprendizaje de la educación virtual en la universidad de las fuerzas armadas ESPE sede Latacunga.
- Se diseñó e implementó un módulo didáctico para torneado asistido por computador con una precisión de 0,0255 y una repetibilidad de 0,06624 mm, mismo que cuenta con un sistema de control y monitoreo constante por medio de los diferentes softwares permitiendo al estudiante mejorar su aprendizaje virtual.
- Se diseñó e implementó un módulo didáctico para fresado asistido por computador con una precisión de 0,013 y una repetibilidad de 0,006 mm, mismo que cuenta con un sistema de control y monitoreo constante por medio de los diferentes softwares permitiendo al estudiante mejorar su aprendizaje virtual.

## CONCLUSIONES

- Esta investigación tuvo como punto de partida una minuciosa investigación y recopilación de información de los diferentes artículos científicos y proyectos realizados, para conocer el alcance del proyecto, funcionamiento y operatividad de los mismos, con la finalidad de mejorar la calidad educativa en sus estudiantes.
- El diseño mecánico de los módulos didácticos de torno y fresadora se llevaron a cabo mediante el software CAD/CAE debido a la facilidad que brinda para realizar diseños reales y funcionales, además, con la implementación del software electrónico IDE Arduino se establecieron los parámetros necesarios en la interfaz de GRBL y CNC Shield en el Arduino UNO para tener el control de instrucciones comandadas a los motores de cada eje.



## CONCLUSIONES

- Mediante el estudio realizado en las matrices de selección de los diferentes elementos que conforman el proyecto, se obtuvieron ponderaciones que permitieron seleccionar la mejor y más óptima opción para conformar cada uno de los módulos.
- Finalmente, una vez constituidos los módulos se realizaron diferentes pruebas de mecanizado, en el caso de la fresadora, figuras cuabras donde se obtuvo un error 0,6 mm producto de un juego entre los rodamientos y al eje guía pertenecientes al eje Z, lo que produce esa variación en el mecanizado final y para el módulo de torneado teniendo como material base Duralón de diámetro inicial 22 mm y una vez mecanizado su diámetro final es de 15 mm, se obtuvo un error de 0,06 mm pero un acabado rugoso el mismo en respuesta de la vibración ocasionada por las bases del eje X, debido a la falta de rodamientos que sostengan a toda su base.

# RECOMENDACIONES

- Se recomienda optar por la implementación de otro sistema de desplazamiento, puesto que el módulo de fresado cuenta con el sistema de ejes circulares y rodamientos, lo que produce que en el eje Z exista un juego entre ambos elementos, lo que disminuye la precisión de la máquina y en el mecanizado.
- De igual forma, para el torno también es recomendable sustituir el sistema de desplazamiento de ejes circulares y rodamientos, por un sistema de ejes lineales para mejorar la estabilidad de sus ejes (X, Z), evitar ruidos por vibración y aumentar la precisión de la misma.
- Para el cilindrado de ejes se recomienda usar materiales suaves cuyas propiedades mecánicas sean similares a la madera, puesto que con el duralón no se logró cilindrar lo planteado y su acabado era de mala calidad.

# RECOMENDACIONES

- Para futuros proyectos es recomendable la implementación de un intercambiador de herramienta automático, con el propósito de desarrollar diferentes mecanizados en el menor tiempo posible.
- Delimitar el área de trabajo en los módulos para que el usuario pueda visualizar el área útil de mecanizado.
- Se recomienda revisar el estado de conexión a internet y su velocidad (Mbps), debido a que de ella depende el control a distancia se ejecute con normalidad y no se presenten inconvenientes o retrasos durante la utilización de las máquinas.



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero en  
Electromecánica

Diseño e implementación de módulos didácticos de torneado y fresado asistido por  
computador para mejorar el aprendizaje de la educación virtual en la Universidad de las  
Fuerzas Armadas ESPE sede Latacunga

**Autores:**

Mejia Coque, Daniel Anthony  
Paniluisa Panchi, Henry Efraín

Ing. Freire Llerena, Washington Rodrigo, **Director**

