



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO MECATRÓNICO

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO PARA UN CENTRO
DE MECANIZADO VERTICAL DE 3 EJES

AUTOR: Pablo Andrés Báez Muñoz

DIRECTOR: Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, Msc

IBARRA, 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN
A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

Identificación de la obra

En cumplimiento del Art. 144 de la ley de Educación Superior, se hace entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

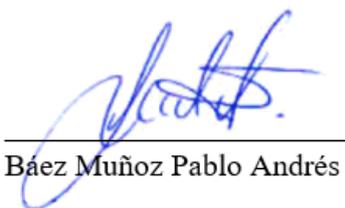
DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	DE	1003223771	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Y	Báez Muñoz Pablo Andrés	
DIRECCIÓN:		Ibarra, Alfredo Gómez Jaime 543	
EMAIL:		pabaezm@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0998577429

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO PARA UN CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL DE 3 EJES
AUTOR (ES):	Báez Muñoz Pablo Andrés
FECHA: DD/MM/AAAA	15/02/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniería Mecatrónica
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, Msc

Constancias

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra a los 15 días del mes de febrero de 2022.

EL AUTOR:

Báez Muñoz Pablo Andrés

Certificación

Certifico que el trabajo de grado titulado “IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO PARA UN CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL DE 3 EJES”, ha sido desarrollado en su totalidad por el señor: Báez Muñoz Pablo Andrés portador de la cédula de identidad número: 1003223771; previo a la obtención del título de Ingeniería en Mecatrónica.



Firmado electrónicamente por:
COSME DAMIAN
MEJIA
ECHEVERRIA

Ing. Cosme Damián Mejía Echeverría, Msc

Director del proyecto de titulación

Dedicatoria

Gracias absolutas.

Agradecimiento

Agradezco a la vida.

Resumen

El presente documento demuestra que es posible implementar un laboratorio remoto para un centro de mecanizado vertical usando dos cámaras ip, un ordenador con el software OBS studio, una televisión, un enrutador, una conexión eléctrica y una conexión a internet estable.

Los resultados permiten concluir que los estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica pueden visualizar correctamente la transmisión del mecanizado para una pieza mecánica y la información de corte vinculada al mismo, a través de las plataformas YouTube o Twitch, usando un dispositivo electrónico adicional con acceso a las plataformas mencionadas.

Para la implementación del laboratorio remoto, se identifica el proceso de mecanizado, se seleccionan dos cámaras ip para la transmisión de imagen de video, se instala las cámaras de video conjuntamente con una televisión para visualizar la imagen, se instala un ordenador que gestiona las imágenes de video y las transmite por las plataformas YouTube o Twitch y se diseña 3 prácticas de laboratorio para comprobar la utilidad del laboratorio remoto que se ponen a prueba con dos estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica establecidos en sus hogares.

Palabras Clave:

Laboratorio remoto, centro de mecanizado vertical, proceso de corte, transmisión de video, OBS studio, YouTube, Twitch.

Abstract

This document demonstrates that it is possible to implement a remote laboratory for a vertical machining machine using two ip cameras, a computer with OBS studio software, a television, a router, an electrical connection, and a stable internet connection.

The results allow us to conclude that the students of the Mechatronics Engineering career can correctly visualize the transmission of the machining process to build a mechanical piece and the cutting information linked to it, through the YouTube or Twitch platforms, using an additional electronic device with access to the both platforms.

For the implementation of the remote laboratory, the machining process is identified, two IP cameras are selected for the transmission of the video image, the video cameras are installed together with a television to view the image, a computer is installed that manages the images of video and transmits them through the YouTube or Twitch platforms and 3 laboratory practices are designed to verify the usefulness of the remote laboratory that are tested with two students of the Mechatronics Engineering career established in their homes.

Palabras Clave:

Remote laboratory, vertical machining machine, cutting process, transmission of the video image, OBS studio, YouTube, Twitch.

Índice de contenido

Identificación de la obra.....	2
Constancias.....	3
Certificación.....	4
Dedicatoria	5
Agradecimiento.....	6
Resumen.....	7
Abstract	8
Índice de contenido.....	9
Índice de figuras	11
Índice de tablas	13
Abreviaturas	14
Introducción	15
Problema	15
Objetivos	16
Objetivo general.....	16
Objetivos específicos.....	16
Alcance	17
Justificación	17
CAPÍTULO I.....	19
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	19
1.1. Importancia de los laboratorios remotos.....	19
1.2. Partes de un laboratorio remoto	20
1.3. Programas para hacer una transmisión en vivo.....	24
1.4. Condiciones actuales de los procesos de corte en el centro de mecanizado vertical.	24
CAPÍTULO II.....	29
METODOLOGÍA.....	29
2.1. Necesidades del sistema para el laboratorio remoto.	29
2.2. Ubicación del sistema de cámaras.	31
2.3. Imagen de video para transmitirse.	32
2.4. Selección de cámaras IP.	33
2.5. Implementación del sistema.	33
2.6. Arquitectura del sistema.	36
2.7. Prácticas de laboratorio.	43
CAPÍTULO III.....	45

Resultados	45
3.1. Condiciones de las pruebas	45
3.2. Ejecución de prácticas de laboratorio	48
3.2.1. Práctica de laboratorio 1	48
3.2.2. Practica de laboratorio 2	51
3.2.3. Práctica de laboratorio 3	53
3.3. Fallas durante la ejecución de las prácticas de laboratorio	55
Conclusiones y Recomendaciones	57
Conclusiones.....	57
Recomendaciones	58
Bibliografía.	59
Anexos	61
Anexo 1 - Guías de laboratorio.....	61

Índice de figuras

Figura 1	<i>Sistema de monitoreo y transmisión de video para un centro de torneado.....</i>	20
Figura 2	<i>Arquitectura, flujo de datos y funciones de un centro de torneado.....</i>	21
Figura 3	<i>Arquitectura física usada en un laboratorio remoto.</i>	22
Figura 4	<i>Transmisión de video para la celda de manufactura flexible (FCM)</i>	23
Figura 5	<i>Transmisión en video del proceso de dibujo de un plotter</i>	23
Figura 6	<i>Escritura de código G en el simulador Sinutrain de siemens</i>	25
Figura 7	<i>Simulación de un proceso de perfilado externo</i>	25
Figura 8	<i>Toma de cero pieza sobre el material en bruto.</i>	26
Figura 9	<i>Contacto entre la herramienta de corte y el material en bruto.....</i>	26
Figura 10	<i>Pantalla principal del panel de operación.</i>	27
Figura 11	<i>Rotura de una herramienta de corte, durante el proceso de corte.....</i>	28
Figura 12	<i>Fresadora ROMI D800 ejecutando un proceso de corte</i>	29
Figura 13	<i>Posibles lugares para la instalación de una cámara IP, (a) posterior izquierda (b) posterior derecha (c) anterior izquierda (d) anterior derecha</i>	31
Figura 14	<i>Imagen para transmitir por la red de internet.....</i>	32
Figura 15	<i>Cámara IP que captura la imagen del panel de operación.....</i>	34
Figura 16	<i>Cámara IP que captura en video el proceso de corte en tiempo real</i>	34
Figura 17	<i>Ordenador que gestiona y transmite el video del proceso de corte usando OBS studio</i>	35
Figura 18	<i>Televisor que capta la transmisión de video</i>	36
Figura 19	<i>Arquitectura del sistema del laboratorio remoto</i>	38
Figura 20	<i>Asignación de direcciones IP estáticas</i>	39
Figura 21	<i>Imagen de video para transmitir en vivo por medios digitales</i>	40
Figura 22	<i>Recepción de la imagen de video en la plataforma Twitch.....</i>	40

Figura 23 <i>Recepción de la imagen de video en la plataforma YouTube</i>	41
Figura 24 <i>Configuración del modo de servidor RTSP</i>	41
Figura 25 <i>Acceso al video a través del servidor rstp</i>	42
Figura 26 <i>Recepción de la imagen de video a través del servidor rtsp</i>	42
Figura 27 <i>Vista axonométrica del ejercicio de prueba</i>	43
Figura 28 <i>Vista frontal del ejercicio de prueba</i>	44
Figura 29 <i>Croquis del ejercicio de prueba</i>	44
Figura 30 <i>Henry Vera presente en las prácticas de laboratorio</i>	46
Figura 31 <i>Anderson Tobar presente en las prácticas de laboratorio</i>	47
Figura 32 <i>Estación de laboratorio remoto</i>	47
Figura 33 <i>Definición del cero pieza, (a) Xavier Lima operando la fresadora y (b) Verificación con un trozo de papel</i>	49
Figura 34 <i>Transmisión en vivo mientras se determina el cero pieza</i>	49
Figura 35 <i>Recepción de la transmisión en vivo dentro del laboratorio</i>	50
Figura 36 <i>Práctica de laboratorio 1 finalizada</i>	50
Figura 37 <i>Practica de laboratorio 1 finalizada</i>	51
Figura 38 <i>Referencia de la altura de herramientas para la práctica de laboratorio 2</i>	52
Figura 39 <i>Ejecución de la práctica de laboratorio 2</i>	52
Figura 40 <i>Práctica de laboratorio 2 finalizada</i>	53
Figura 41 <i>Ejecución de la práctica de laboratorio 3</i>	54
Figura 42 <i>Práctica de laboratorio 3 finalizada</i>	54
Figura 43 <i>Falla en la transmisión de video durante la práctica de laboratorio 3 en el dispositivo del Sr. Anderson Tobar</i>	55
Figura 44 <i>Falla en la transmisión de video durante la práctica de laboratorio 3 en el dispositivo del Sr. Henry Vera</i>	56

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Necesidades del sistema</i>	30
Tabla 2 <i>Selección de cámaras para el sistema</i>	33
Tabla 3 <i>Dispositivos del laboratorio remoto</i>	37
Tabla 4 <i>Medios de conexión de los dispositivos para el laboratorio remoto</i>	38
Tabla 5 <i>Participantes de las pruebas</i>	45
Tabla 6 <i>Recursos para la ejecución de las prácticas de laboratorio</i>	46
Tabla 7 <i>Prácticas de laboratorio ejecutadas</i>	48

Abreviaturas

HMI	Interfaz hombre máquina (siglas en inglés)
CNC	Control numérico por computador (siglas en inglés)
FCM	Celda de manufactura flexible (siglas en inglés)

Introducción

Problema

Debido a la pandemia generada por el COVID 19, la situación mundial actual ha permitido que las instituciones académicas busquen alternativas tecnológicas de enseñanza como medida de contención para que la educación no se detenga y se pueda innovar en este sector, como es el caso de Colombia con la implementación de laboratorios remotos a través de la red RENATA (Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada), para la experimentación en robótica, a todo esto sumado los nuevos retos que implican las nuevas normas por causa de la pandemia.[1]

Según el CEPAL 2020 [2] en su informe: “La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19”, 29 países de América Latina y del Caribe continuaron con el proceso educativo a través de distintas modalidades como virtual, a distancia, mixta, con encuentros sincrónicos y asincrónicos, en todos los niveles de formación.

La educación virtual ha sido sin duda la gran protagonista por estos tiempos debido a que ha ayudado a reducir las barreras de la distancia en la enseñanza, brindando flexibilidad respecto a los tiempos de estudio, generando contenido digital que aporta al proceso de aprendizaje adaptativo de los estudiantes.[3]

Tomando el caso específico de enseñanza en un laboratorio de mecanizado de 3 ejes, se presentan varias problemáticas que con el uso de la tecnología se pueden solventar: Para un operario del centro de mecanizado le resulta imposible permanecer pendiente del proceso total, puesto que este procedimiento requiere de varias horas de trabajo e incluso días, generando en este tiempo errores que pueden producirse como rotura de herramientas, fallos inesperados o pausas por necesidad de cambio de elementos.

El proceso que realiza el centro de mecanizado solo puede ser visualizado parcialmente incluso con el operario trabajando, puesto que todo el trabajo lo realiza la máquina dentro de una cámara de seguridad, para poder verificar el avance es necesario detener todo el proceso lo que no permite visualizar la continuidad de todo el proceso.

Debido a las restricciones por bioseguridad, el laboratorio de mecanizado no permite que presencialmente se encuentren en el lugar más de 2 estudiantes, limitando así el proceso de aprendizaje por la disponibilidad de espacio y horarios.

La implementación de un laboratorio remoto, que permite visualizar en tiempo real los procesos que realiza el centro de mecanizado vertical de tres ejes y simultáneamente el manejo del panel de operación que manipula el operario, permitirá que los estudiantes puedan acceder a las prácticas de laboratorio en tiempo real sin límites ni restricciones por causa de las medidas de bioseguridad, permitiendo que la innovación en el sector de la educación encuentre nuevas posibilidades. La implementación de este laboratorio remoto dejará como antecedente las bases para el desarrollo de una red integral de laboratorios remotos de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

Objetivos

Objetivo general

- Implementar un laboratorio remoto para un centro de mecanizado vertical de 3 ejes ubicado en el laboratorio Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura de la Universidad Técnica del Norte.

Objetivos específicos

- Determinar las condiciones actuales del proceso de mecanizado para identificar las necesidades del sistema.

- Diseñar un sistema de supervisión remoto haciendo uso de cámaras ip y un servidor web para transmitir los datos vía remota.
- Implementar el sistema de supervisión del proceso de mecanizado y el panel de operación.
- Validar el sistema de supervisión a través de 3 prácticas de laboratorio para visualizar de forma remota los procesos de mecanizado.

Alcance

La señal digital de las cámaras de mecanizado y de operario implementadas en el laboratorio del Centro de Mecanizado, será enviada hacia un servidor local donde se implementará una plataforma que permitirá visualizar en una TV el proceso de mecanizado y el tiempo de operación total de la máquina en tiempo real. El operario tendrá el control de la cámara de mecanizado desde una aplicación móvil.

Mediante configuración y empleo de software en el servidor local, la visualización del proceso podrá también ser vinculada a plataformas web de enseñanza y comunicación como es el caso de Microsoft Teams.

El sistema de transmisión será validado al menos con 3 prácticas de laboratorio con la presencia del operario Docente y los estudiantes.

Justificación

Como se indica en [4], la educación virtual ha logrado reducir barreras de distancia en la educación y ha permitido solucionar una serie de problemas de acceso a la enseñanza debido a la situación que actualmente atravesamos por el COVID-19.

Se pretende realizar la implementación de este laboratorio remoto para el centro de mecanizado de 3 ejes, que permita solventar las restricciones actuales de aforo en el laboratorio y permita interactuar a un mayor número de estudiantes con el docente u operario.

Los resultados obtenidos con las prácticas de laboratorio aportarán con nuevas alternativas en la metodología de enseñanza para prácticas de laboratorio y dejarán un precedente para la vinculación de futuros métodos de enseñanza en laboratorios de la UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE, con el uso de tecnologías como el Big Data y el Cloud Computing.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Importancia de los laboratorios remotos.

Los sistemas que permiten la fabricación remota de piezas por control numérico son importantes debido a que los clientes que las envían a fabricar pueden mantener el contacto a distancia de forma directa, además de ser útiles para complementar un sistema de educación a distancia.[5]

La operación de mecanizado debe mantenerse supervisada durante mucho tiempo en cada período para lograr una alta productividad y evitar fallas o averías repentinas.[6]

La necesidad de sistemas o máquinas, a los que se pueda acceder a través de Internet y estos avances tecnológicos han dado como resultado la evolución de la fabricación basada en web, a la que se puede acceder a través del entorno remoto y dando lugar a su vez a la aparición del término "Remote Laboratory" vinculado al e-learning dentro de la academia.[7]

Desarrollar una infraestructura computacional con servicios en la web que permita a los estudiantes ejecutar procesos de fresado remoto, facilitará el análisis de parámetros de corte y comprensión de las operaciones ejecutadas gracias a la visualización del proceso a través de una cámara web. [8]

El uso de laboratorios remotos se está volviendo muy importante para universidades de todo el mundo porque son un medio económico para presentar conceptos básicos y complejos a los estudiantes y ayudarlos a interactuar con equipos como robots.[9]

1.2. Partes de un laboratorio remoto

El operador de un laboratorio remoto se encarga del control y supervisión del sistema a través del panel de operación (HMI), el panel de operación integra la información necesaria para operar los procesos de corte de una forma realista e intuitiva.[5]

Figura 1

Sistema de monitoreo y transmisión de video para un centro de torneado

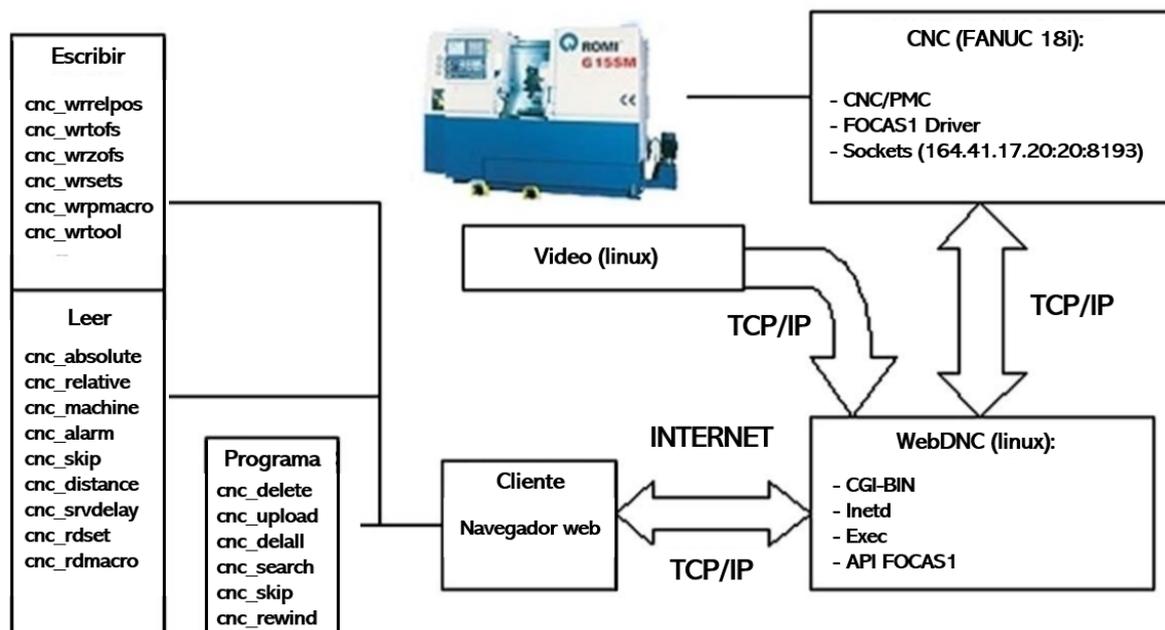


Fuente: [5]

La figura 1, muestra la transmisión de video que se envía a través de la red de interne de un laboratorio que cuenta con un centro de torneado por control numérico. De acuerdo con la arquitectura del laboratorio remoto como se muestra en la figura 2, la transmisión de video se realiza a través de protocolos TCP/IP, siendo el mismo protocolo el que interconecta los diversos dispositivos físicos.

Figura 2

Arquitectura, flujo de datos y funciones de un centro de torneado

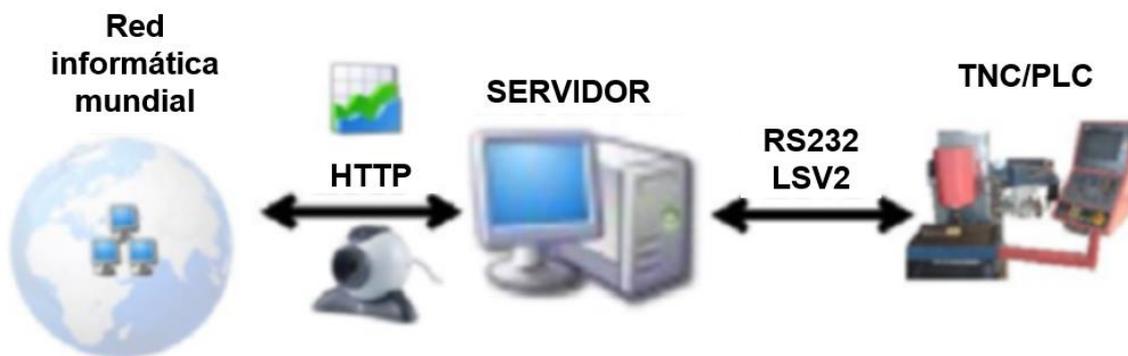


Fuente: [5]

En el año 2004, el Center for Automotive Mechatronics (CIMA) envió una propuesta titulada "Computación móvil para laboratorios virtuales" a la tecnológica móvil de Hewlett-Packard en donde describe la propuesta de forma innovadora al aplicar tecnología móvil HP en el campus Toluca para adicionar herramientas a través de laboratorios virtuales dentro del aula. Posteriormente se financia e incluye dispositivos portátiles de HP entre otros equipos tanto para el envío y recepción de datos desde el laboratorio ubicado en el estado de México hacía Toluca utilizando la red de internet como medio de transmisión. [9]

Figura 3

Arquitectura física usada en un laboratorio remoto.



Fuente: [8]

La figura 3 presenta el hardware utilizado para implementar la arquitectura propuesta de un centro de mecanizado CNC, disponible en el laboratorio; una computadora / servidor que permite que un usuario remoto acceda y controle el Centro de mecanizado CNC; una computadora remota conectada a Internet; y una webcam para proporcionar imágenes del proceso de fresado. [8]

El laboratorio remoto se divide en tres partes: cliente, servidor y el sistema físico, en la cual para mostrar que está sucediendo en tiempo real, se usa una cámara web que adquiere imágenes y las envía de forma remota en forma de video (ver Figura 4) a través de cualquier red basada en el protocolo TCP / IP.[10]

Figura 4

Transmisión de video para la celda de manufactura flexible (FCM)

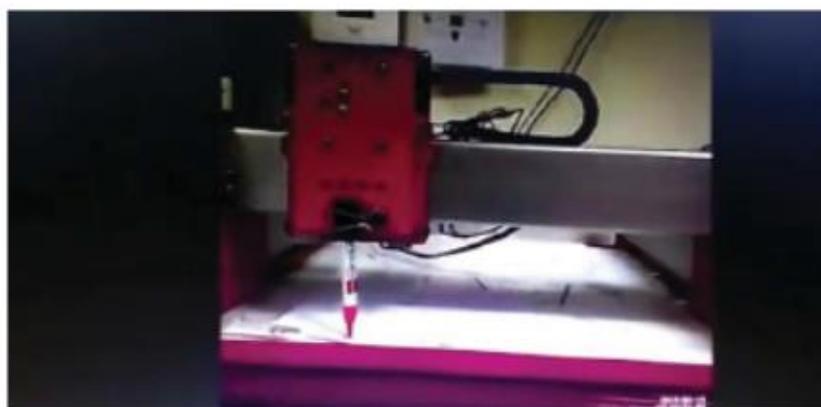


Fuente: [10]

Los avances en Internet de Things (IoT) ha proporcionado una metodología sólida para controlar y monitorear un sistema a través de transmisión en vivo a través de un sitio web con la ayuda de plataformas de código abierto con el único recurso de únicamente tener acceso a Internet, siendo así posible monitorear los procesos como se muestra en la figura 5 a través del envío de imágenes con una cámara web [7]

Figura 5

Transmisión en video del proceso de dibujo de un plotter



Fuente: [7]

1.3. Programas para hacer una transmisión en vivo.

Las tecnologías de información y comunicación “TICs” adquieren gran importancia en los últimos 10 años para el aprendizaje colaborativo, diagnóstico de enfermedades y monitoreo de varios procesos industriales entre otros usos. [11]

Existe una gran variedad de software para la transmisión de video a través de internet, los más populares son: OBS studio, XSplit Broadcaster, vMix y Streamlabs, que con las configuraciones de transmisión adecuadas y velocidad de internet sobre 10 MB no presentan errores durante la emisión de video.[12]

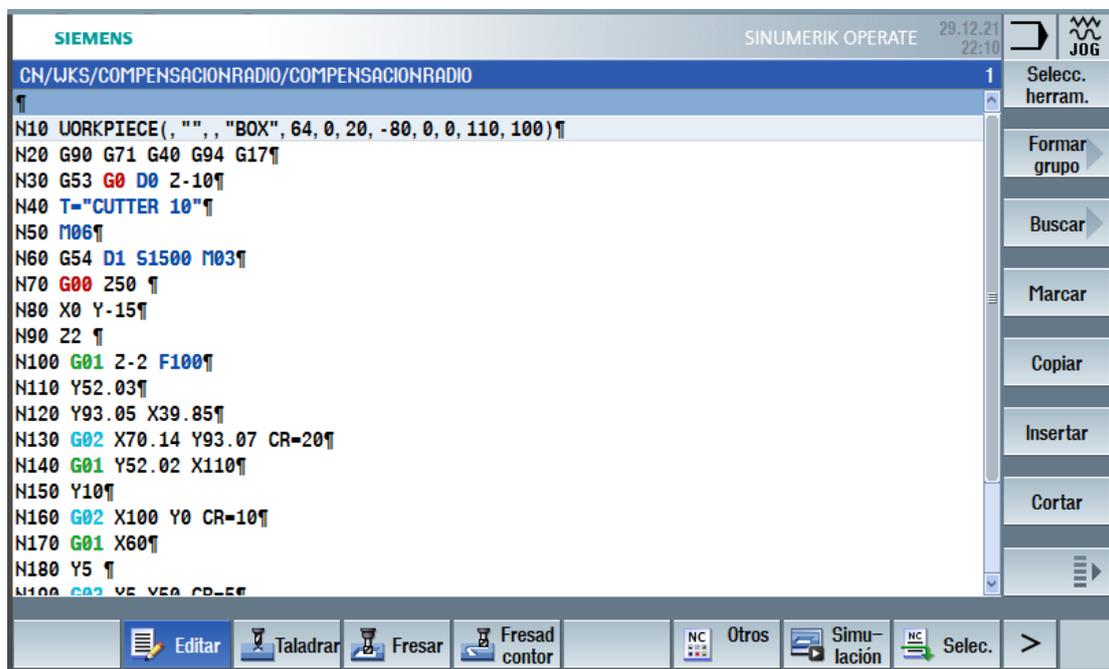
OBS studio es el software utilizado para la transmisión de imágenes de video en alta definición por los medios: YouTube y Twitch en el diagnóstico de patologías debido a que es de código abierto y los medio de transmisión son de libre acceso en una variedad de dispositivos electrónicos inteligentes que cuenten con una interfaz gráfica.[11]

1.4. Condiciones actuales de los procesos de corte en el centro de mecanizado vertical.

Actualmente en el laboratorio Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura de la Universidad Técnica del Norte para manufacturar una pieza mecánica, es necesario planificar el proceso de manufactura previo a ejecutar en la máquina herramienta, es decir se escribe el código g en un bloc de notas o se genera el mencionado código a través de un software CAD – CAM, seguido se verifica las trayectorias y el tiempo de ejecución en el simulador Sinutrain de siemens como se muestra en las figuras 6 y 7.

Figura 6

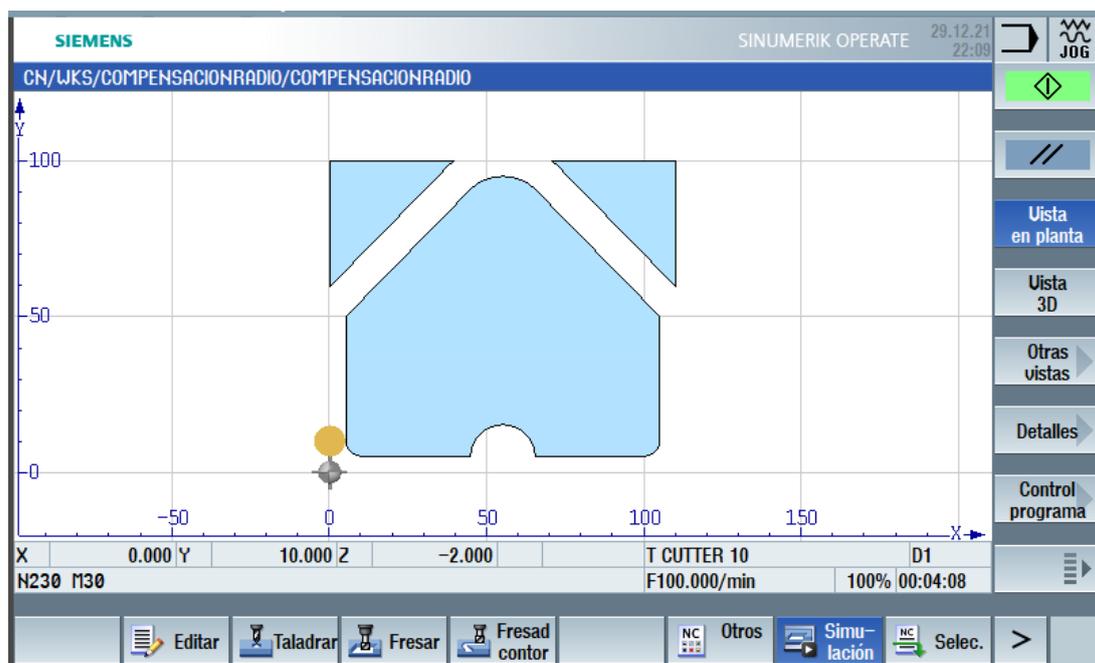
Escritura de código G en el simulador Sinutrain de siemens



Fuente:[13]

Figura 7

Simulación de un proceso de perfilado externo



Fuente:[13]

Una vez que se ha verificado las trayectorias y tiempo de ejecución de las operaciones en el simulador, se procede a instalar el material en la bancada de la máquina herramienta y posteriormente referenciar las herramientas de corte necesarias como se muestra en las figura 8 y 9.

Figura 8

Toma de cero pieza sobre el material en bruto.



Figura 9

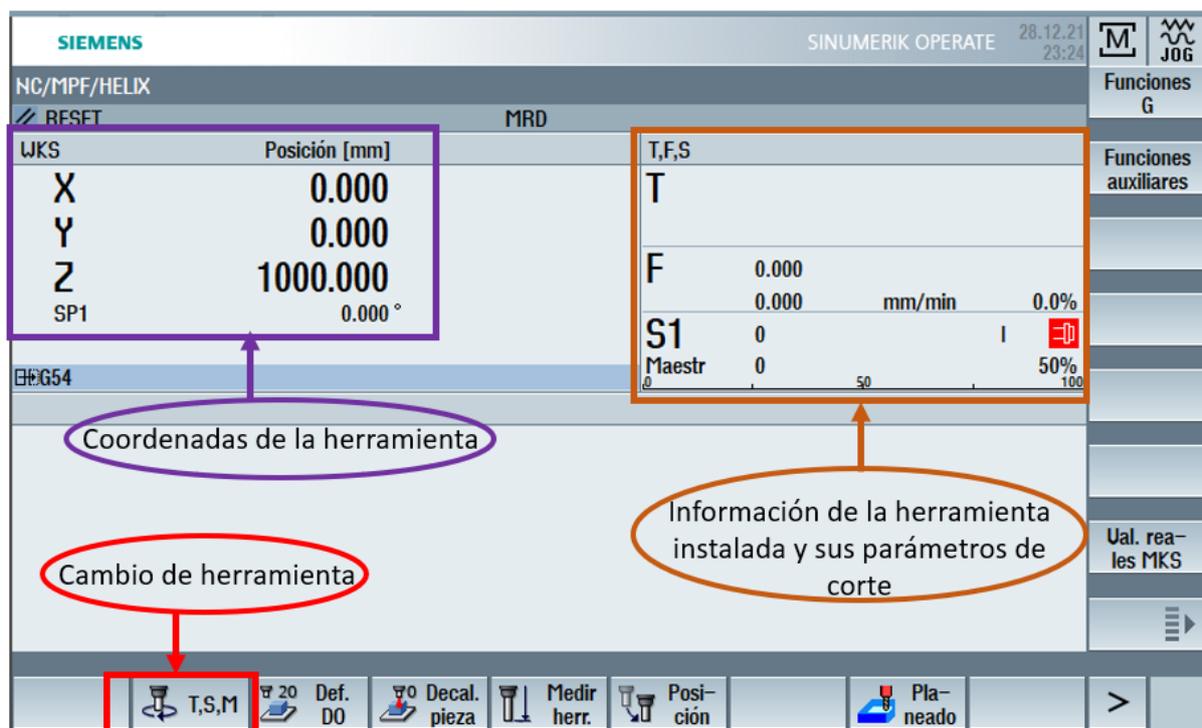
Contacto entre la herramienta de corte y el material en bruto



Es necesario hacer uso del panel remoto (ver figura 8) para referenciar las herramientas de corte con las superficies del material en bruto, al mismo tiempo que se configura las coordenadas en la pantalla principal del panel de operación sección T,S,M que se muestra en la figura 10.

Figura 10

Pantalla principal del panel de operación.



Una vez referenciadas las herramientas, es posible ejecutar los programas de corte. Durante la ejecución del proceso de corte se puede visualizar en el panel de operación (ver figura 10) las coordenadas de la herramienta actual, la herramienta instalada en el husillo, el número de revoluciones y avance correspondientes al proceso de corte.

Figura 11

Rotura de una herramienta de corte, durante el proceso de corte



Uno de los inconvenientes más frecuentes en los procesos de mecanizado es la rotura de las herramientas de corte (ver figura 11) por parámetros de corte inadecuados. Actualmente no existe un sistema que detecte la ruptura de las herramientas, es necesario detener el programa en ejecución, remover las virutas del proceso de corte y verificar el estado de la herramienta.

Los procesos de corte pueden durar varias horas, dependiendo del proceso y no es posible verificar de forma visual a cada instante o cada cierto lapso debido a que se generaría tiempos adicionales desperdiciados en el proceso de corte.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

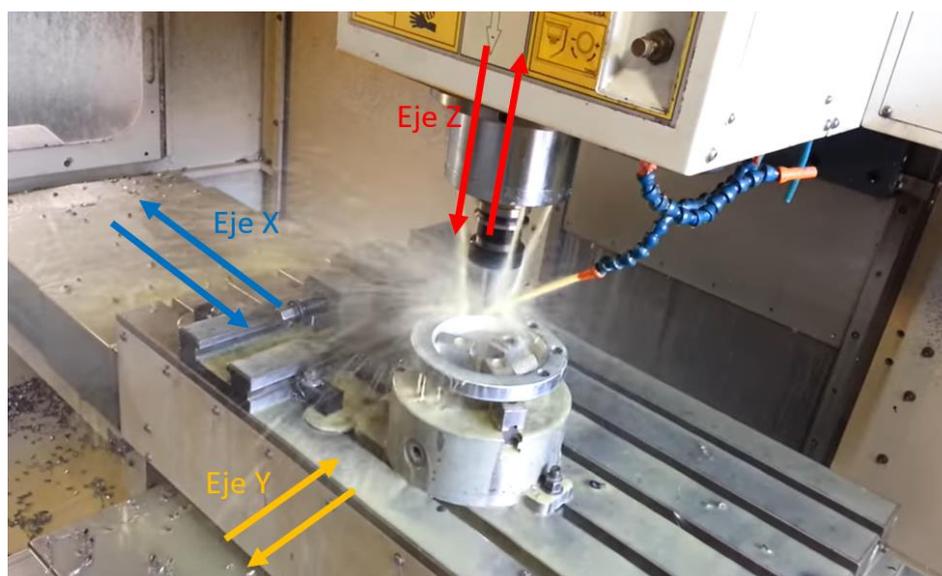
2.1. Necesidades del sistema para el laboratorio remoto.

El laboratorio remoto para el centro de mecanizado y procesos de manufactura necesita la visualización del proceso de corte que realizan las herramientas (ver Figura 11), además de la información que provee el panel operación referente a la herramienta que está actualmente en el husillo, su velocidad de avance, el número de revoluciones y la coordenada en la que se encuentra como se muestra en la Figura 10.

De acuerdo con el proceso de mecanizado que se realiza en el laboratorio con fluidos de corte (ver Figura 12), es necesario que los elementos instalados posean una protección contra posibles salpicaduras de fluidos.

Figura 12

Fresadora ROMI D800 ejecutando un proceso de corte



Fuente: [14]

En concordancia con los ejes coordenados (X Y Z) que posee la fresadora (ver Figura 12), se puede observar que los ejes X Y Z se mueven de forma independiente, es decir el Eje Z se desplaza verticalmente de arriba hacia abajo mientras que la bancada contiene a los ejes X e Y que se desplazan de izquierda a derecha y de delante hacia a atrás.

Las necesidades del sistema se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Necesidades del sistema

Necesidad	Solución	Detalle
Visualizar el proceso de mecanizado desde el interior	Instalar una cámara dentro de la fresadora y un monitor fuera de esta	Debe poseer protección contra salpicaduras de agua
Visualizar el proceso que se ejecuta en el panel de operación	Instalar una cámara que enfoque al panel de operación.	Debe poder removerse cuando no se use la transmisión de video.
Integración de las imágenes de video	Instalar una red interna para la gestión de imágenes de video con un software.	Usar un enrutador y un ordenador.
Enviar la información a través de la red de internet	Usar un software de licencia libre para combinar las imágenes y transmitir.	Usar plataformas de emisión en directo.

2.2. Ubicación del sistema de cámaras.

Figura 13

Posibles lugares para la instalación de una cámara IP, (a) posterior izquierda (b) posterior derecha (c) anterior izquierda (d) anterior derecha



De los 4 posibles lugares para instalar una cámara IP dentro de la fresadora (ver Figura 13), no se selecciona ninguno de estos puesto que son lugares demasiado lejanos con respecto al proceso de corte y teniendo en consideración que el husillo se desplaza (eje Z) para cortar el material instalado sobre la bancada, instalar una cámara fija en cualquiera de los lugares propuestos no resulta conveniente debido a que la estructura que soporta el husillo no permitiría observar con claridad el proceso de corte. Por lo que se opta por instalar una cámara junto a la estructura que soporta al husillo como se muestra en la figura 16.

Debido a que el panel de operación puede desplazarse a conveniencia del operador, no resulta conveniente instalar una cámara fija por lo que se opta por instalar la cámara soportada en el propio panel de operación (ver Figura 15) con una estructura que se puede remover con facilidad cuando no está siendo utilizada.

2.3. Imagen de video para transmitirse.

La imagen de video que se transmite contiene la información del laboratorio al que pertenece, el logo de la institución educativa, la información correspondiente al número de práctica y los estudiantes que la ejecutan además de las imágenes de las dos cámaras instaladas dentro y fuera de la fresadora como se muestra en la Figura 14.

Figura 14

Imagen para transmitir por la red de internet



2.4. Selección de cámaras IP.

Se selecciona cámaras residenciales para exteriores debido a que son de fácil acceso y están provistas de un grado de protección IP que permite soportar condiciones de humedad relacionadas al trabajo dentro del laboratorio (ver Tabla 2).

Tabla 2

Selección de cámaras para el sistema.

Cámara	Resolución	Grado de protección IP	Ubicación
Jennov	1080	IP66	Dentro de la fresadora
Hikvisión	720	IP66	Fuera de la fresadora

2.5. Implementación del sistema.

El sistema de laboratorio remoto cuenta con una cámara IP que captura la imagen del panel de operación del centro de mecanizado vertical como se muestra en la figura 15, brindando la información del proceso de corte en ejecución.

Adicionalmente se instala una cámara IP adicional que captura en video el proceso de corte en tiempo real (ver figura 16), que permite la inspección de la herramienta de corte sin la necesidad de detener la máquina.

Figura 15

Cámara IP que captura la imagen del panel de operación

**Figura 16**

Cámara IP que captura en video el proceso de corte en tiempo real



Las instalaciones cableadas para la alimentación eléctrica y de red de transmisión de datos con cable ethernet dentro de la Fresadora (ver Figura 16), no cuentan con una protección contra salpicaduras debido a que no se encuentra expuestas directamente al área en donde se realiza el proceso de mecanizado.

Para el tratamiento de las imágenes y transmisión de video se hace uso de un ordenador que hará las veces de servidor rtps como se muestra en la figura 17.

Figura 17

Ordenador que gestiona y transmite el video del proceso de corte usando OBS studio



Figura 18

Televisor que capta la transmisión de video



Como medio de verificación interno es posible visualizar la imagen que transmite el ordenador a través del televisor presente en el laboratorio como se muestra en la figura 18. El televisor recibe la transmisión a través de un raspberry que posee Android 11 como sistema operativo.

Para la interconexión del sistema se provee de un enrutador y cable de red que garantiza la calidad de la imagen de video y que a su vez está conectado con el ordenador que gestiona y transmite la imagen de video por la red de internet como se muestra en la figura 19.

2.6.Arquitectura del sistema.

La Tabla 3 muestra los dispositivos que constan como parte del sistema y su función dentro del mismo.

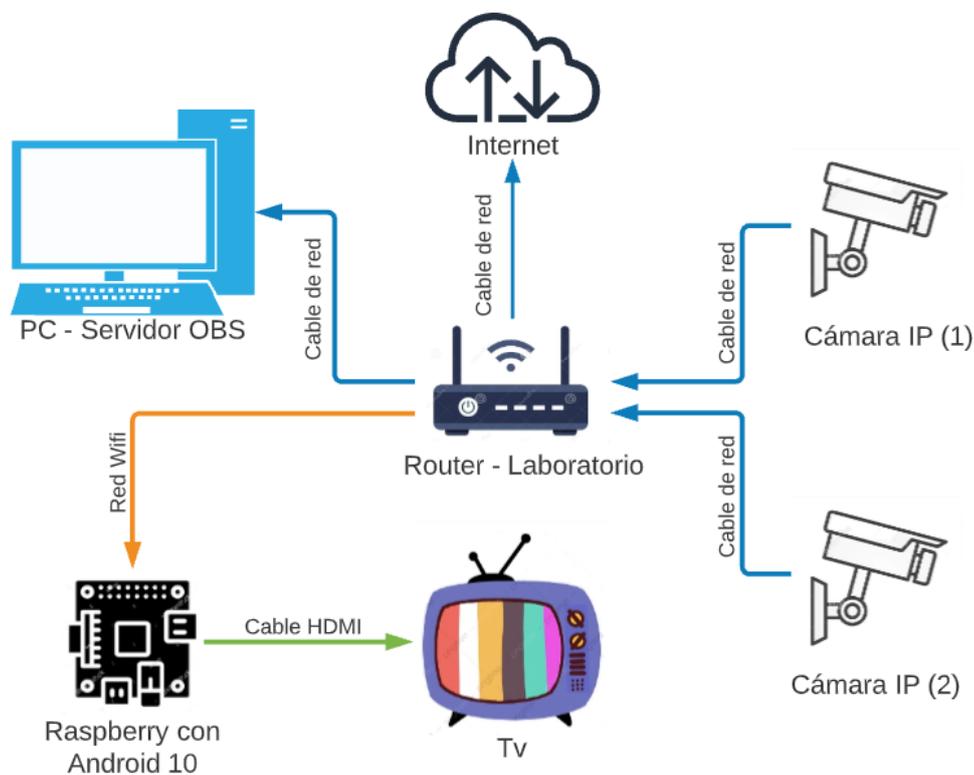
Tabla 3*Dispositivos del laboratorio remoto.*

Dispositivo	Función
Enrutador	Permitir la salida de video a internet e interconectar los diversos dispositivos TCP/IP
Cámara IP (1) Panel de operación	Capturar la imagen del panel de operación de la fresadora
Cámara IP (2) Proceso de corte	Capturar la imagen del proceso de corte dentro de la fresadora
Ordenador - PC	Enviar la información del laboratorio remoto a través de la red de internet
Raspberry	Receptar la información del laboratorio remoto externa o internamente
Televisión	Proyectar la imagen recibida del raspberry

El enrutador dentro del sistema permite la interconexión de todos los dispositivos que utilizan el protocolo TCP/IP, además de permitir enviar la señal de video hacía la red de internet. La figura 19 muestra la arquitectura del laboratorio remoto mientras que la tabla 4 resume los medios de comunicación y direcciones IP asignadas para cada uno de los dispositivos del sistema.

Figura 19

Arquitectura del sistema del laboratorio remoto

**Tabla 4**

Medios de conexión de los dispositivos para el laboratorio remoto.

Dispositivo	Medio de conexión	Dirección IP
Enrutador	Cable de red - Internet	192.168.20.1
Cámara IP (1) Panel de operación	Cable de red - Enrutador	192.168.20.10
Cámara IP (2) Proceso de corte	Cable de red - Enrutador	192.168.20.20
Ordenador - PC	Cable de red - Enrutador	192.168.20.30
Raspberry	Red Wifi – Enrutador	192.168.20.2
Televisión	Cable HDMI – Raspberry	N.A.

Figura 20*Asignación de direcciones IP estáticas*

The screenshot shows a web interface for DHCP configuration. It is divided into three main sections:

- DHCP Server Settings:** Contains fields for DHCP Mode (set to 'DHCP Server'), IP Pool Range (192.168.20.2 - 192.168.20.254), Max Lease Time (120 minutes), Domain Name (domain.name), DNS Server 1 (192.168.20.1), and DNS Server 2 (Optional).
- DHCP Static IP Configuration:** Contains fields for IP Address (0.0.0.0) and Mac Address (000000000000, with an example of 00E086710502).
- DHCP Static IP Table:** A table listing static IP assignments with columns for Select, IP Address, and MAC Address.

Select	IP Address	MAC Address
<input type="radio"/>	192.168.20.30	54:BF:64:00:C5:27
<input type="radio"/>	192.168.20.2	E4:51:01:3F:F5:4C
<input type="radio"/>	192.168.20.20	00:12:41:60:8D:B6
<input type="radio"/>	192.168.20.10	EC:C8:9C:4B:7B:80

Se asigna direcciones estáticas a los dispositivos: cámara IP (1), cámara IP (2), ordenador y raspberry para evitar que el enrutador las asigne de forma aleatoria como se muestra en la figura 20.

Para la conexión entre las 2 cámaras IP y el enrutador se opta por utilizar un cable de red – categoría 6 a fin de garantizar la calidad y velocidad de transmisión de imagen.

Para la conexión del ordenador - PC con el enrutador se opta por realizar la conexión haciendo uso de un cable de red a fin de garantizar la velocidad de transmisión de datos y recepción de señales de video provenientes de las cámaras.

El ordenador usa el software OBS studio (ver figura 21) que tiene la tarea de transmitir la imagen de video a través de la red de internet para las plataformas de streaming: YouTube (ver figura 23) y Twitch (ver figura 22).

Figura 21

Imagen de video para transmitir en vivo por medios digitales



Figura 22

Recepción de la imagen de video en la plataforma Twitch



Figura 23

Recepción de la imagen de video en la plataforma YouTube



OBS studio instalado en el ordenador - PC puede hacer las veces de servidor RTSP (ver Figura 24) de transmisión a través de la red interna WiFi que genera el enrutador, y se puede acceder a la transmisión interna de video apuntando a la IP del ordenador con un reproductor de video como VLC (ver Figuras 25 y 26), para ello será necesario conectarse de forma inalámbrica a la red Wifi y poseer la aplicación antes mencionada.

Figura 24

Configuración del modo de servidor RTSP

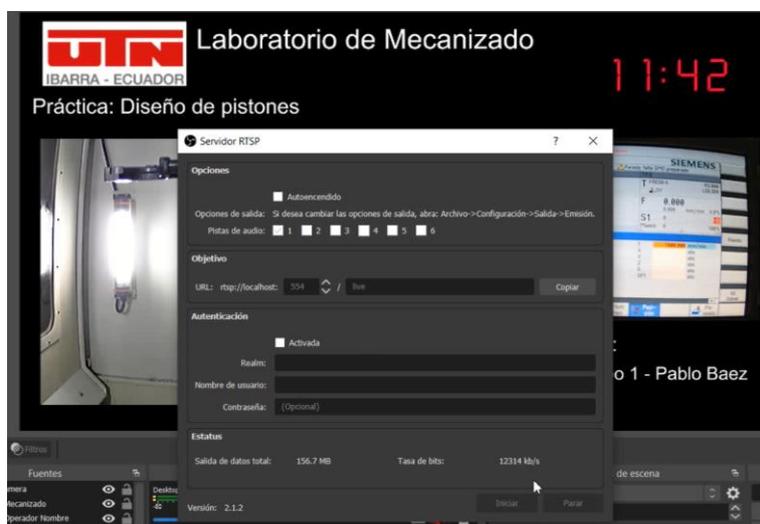
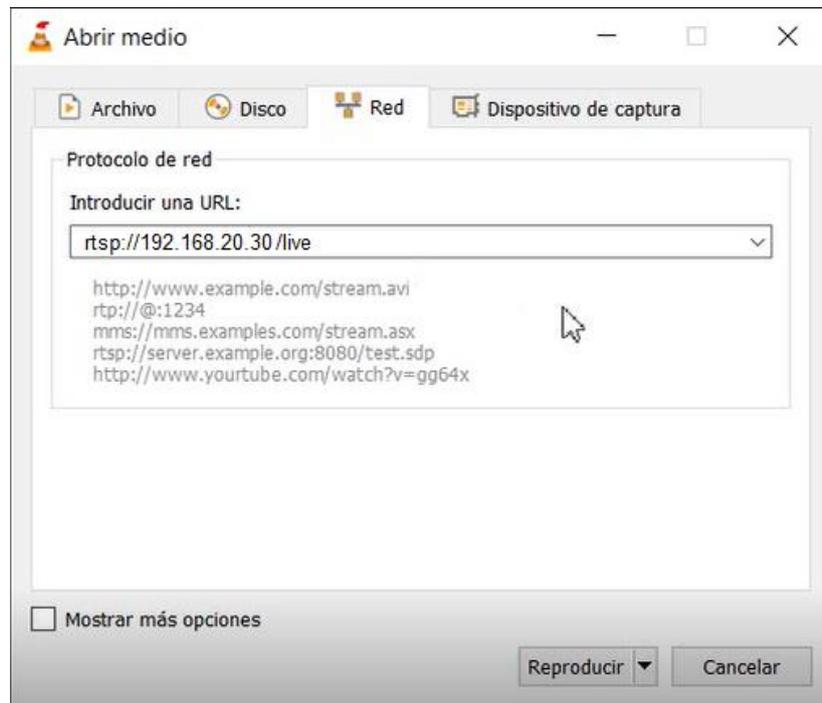


Figura 25

Acceso al video a través del servidor rtsp

**Figura 26**

Recepción de la imagen de video a través del servidor rtsp



2.7.Prácticas de laboratorio.

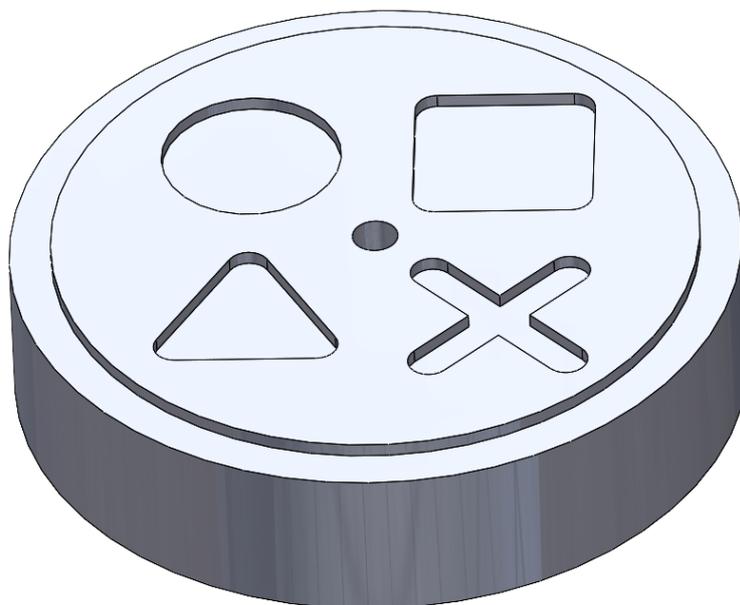
Para comprobar la utilidad del laboratorio remoto, se elabora un ejercicio que se ejecuta en 3 secciones, resultando en 3 prácticas de laboratorio y se muestra a continuación en la figura

27. Las prácticas de laboratorio son las siguientes:

- Práctica 1: Toma de cero pieza y planeado del cilindro.
- Práctica 2: Perfilado circular con compensación de radio externo y perforación central.
- Práctica 3: Perfilado interno con compensación de radio interno de 4 figuras

Figura 27

Vista axonométrica del ejercicio de prueba



El enunciado del ejercicio es el siguiente: sobre un cilindro de nylon de 30 mm de altura y 4 pulgadas de diámetro, se manufactura la pieza que se muestra en las figuras 28 a 29, la profundidad del contorno exterior y las figuras centrales es de 2 mm, adicionalmente la pieza tiene una perforación no pasante con una broca de 1/4 in a 20 mm de profundidad.

Figura 28

Vista frontal del ejercicio de prueba

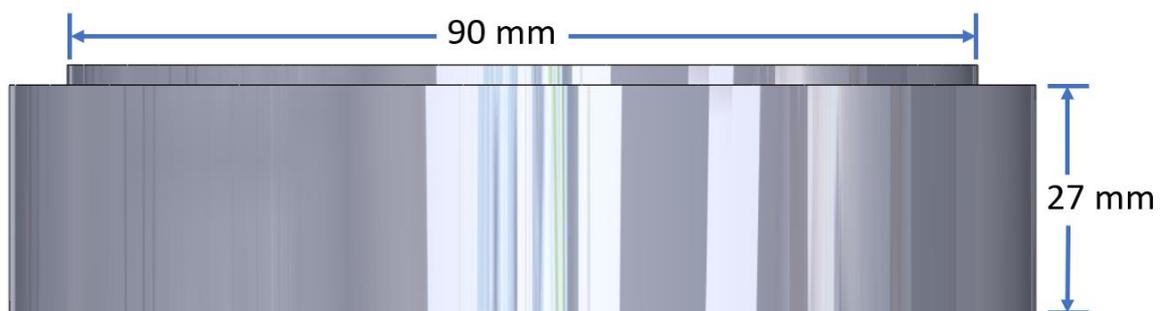
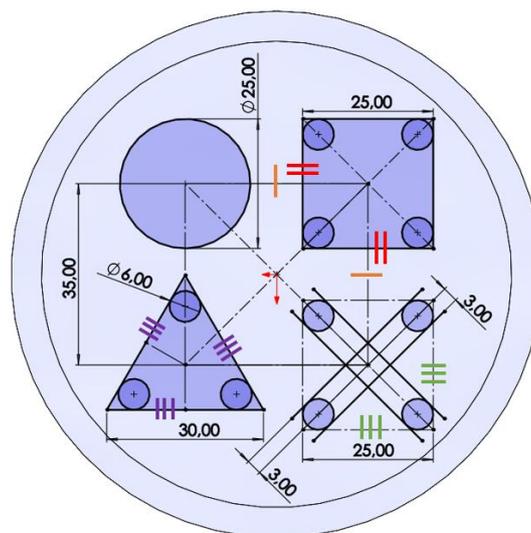


Figura 29

Croquis del ejercicio de prueba



CAPÍTULO III

Resultados

3.1. Condiciones de las pruebas.

A fin de realizar las pruebas del laboratorio remoto, una vez instalado el sistema de laboratorio remoto, se selecciona a dos estudiantes de la carrera de Ingeniería en Mecatrónica que juntamente con el técnico de laboratorio (ver Tabla 5), ejecutan las 3 prácticas de laboratorio.

Tabla 5

Participantes de las pruebas

Nombre	Rol	Ubicación geográfica
Anderson Tobar	Pasante del laboratorio	Ciudad de Ibarra
Henry Vera	Estudiante de la Materia: Manufactura asistida por computador	Ciudad de Cayambe
Xavier Lima	Técnico Docente para el laboratorio	Campus Universitario “El Olivo”

Los recursos utilizados en la práctica de laboratorio se resumen en la tabla 6, en donde se puede observar que es indispensable contar con más de un dispositivo audiovisual durante la ejecución de cada una, es posible observar en las Figuras 30 a 32.

Para la ejecución de las prácticas de laboratorio se transmite las imágenes de video haciendo uso del software OBS y es posible transmitir a través de una sola plataforma a la vez que pueden ser Youtube y Twitch. La Tabla 7 resume a través de que plataforma se realizan las prácticas de laboratorio 1, 2 y 3.

Tabla 6

Recursos para la ejecución de las prácticas de laboratorio

Participante	Dispositivo audiovisual 1	Dispositivo audiovisual 2	Velocidad de internet Carga/descarga	Plataformas
Anderson Tobar	Computador	Televisión inteligente	40 MB / 45 MB	Teams, Youtube y Twitch
Henry Vera	Computador	Computador	32 MB / 21 MB	Teams, Youtube y Twitch
Xavier Lima	Computador	Televisión inteligente	50 MB / 100 MB	Teams, Youtube y Twitch

Figura 30

Henry Vera presente en las prácticas de laboratorio

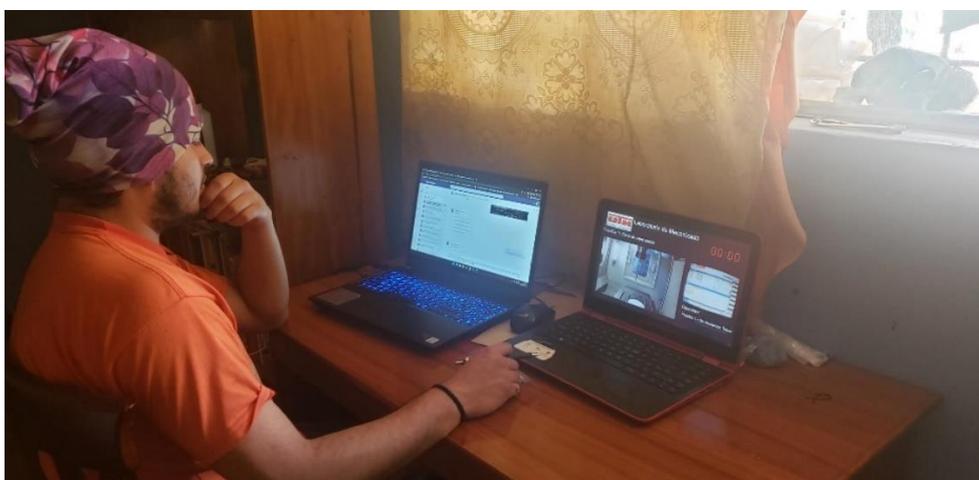


Figura 31

Anderson Tobar presente en las prácticas de laboratorio

**Figura 32**

Estación de laboratorio remoto.



Las prácticas de laboratorio han sido grabadas y se puede acceder a las grabaciones a través del link:

https://utneduec-my.sharepoint.com/:f/g/personal/jxlima_utn_edu_ec/EqE91KmDgLpHqfaJxhZ9-d8BE8rAQM0qe3oEWsEJkmbJ8g?e=ZQTIFl

Tabla 7

Prácticas de laboratorio ejecutadas

Práctica de Laboratorio	Plataforma	Nombre de la cuenta de usuario
Toma de cero pieza y planeado del cilindro.	Youtube	https://www.youtube.com/channel/UCvs-Ip-O2OuvZaJ0OY0U2Mw
Perfilado circular con compensación de radio externo y perforación central.	Youtube	https://www.youtube.com/channel/UCvs-Ip-O2OuvZaJ0OY0U2Mw
Perfilado interno con compensación de radio interno de 4 figuras	Twitch	https://www.twitch.tv/xavierlima742

3.2. Ejecución de prácticas de laboratorio

3.2.1. Práctica de laboratorio 1

La práctica de laboratorio 1 requiere de la asistencia del Técnico de laboratorio (ver Figura 33) al momento de ejecutar los movimientos de la herramienta de corte y así tomar el cero pieza para los ejes X Y y Z haciendo uso del panel remoto (ver Figura 33a), pequeños trozos de papel (ver Figura 33b) y el sentido de la vista.

El dispositivo audiovisual adicional presente en el laboratorio (Televisión inteligente) ayuda a verificar el estado de la transmisión de video como se muestra en la Figura 34 y 35.

Figura 33

Definición del cero pieza, (a) Xavier Lima operando la fresadora y (b) Verificación con un trozo de papel

**Figura 34**

Transmisión en vivo mientras se determina el cero pieza

UTN Laboratorio de Mecanizado
IBARRA - ECUADOR

Práctica 1: Toma de cero pieza

00:00

Posición [mm]		SIEMENS	
X	0.000	T	SPEED-TRAIN
Y	0.000	F	01
Z	118.571	F	0.000
		S1	0.000

Operator:
Prueba 1 - Sr. Anderson Tobar
Sr. Henry Vera

Figura 35

Recepción de la transmisión en vivo dentro del laboratorio



La práctica de laboratorio se ejecuta de acuerdo con la guía de práctica ubicada en la sección de anexos, la práctica de laboratorio finaliza cuando el técnico docente verifica que la operación de planeado ha sido ejecutada con éxito (ver figura 37) y de igual forma se puede observar por la transmisión de video para los estudiantes (ver figura 36).

Figura 36

Práctica de laboratorio 1 finalizada.

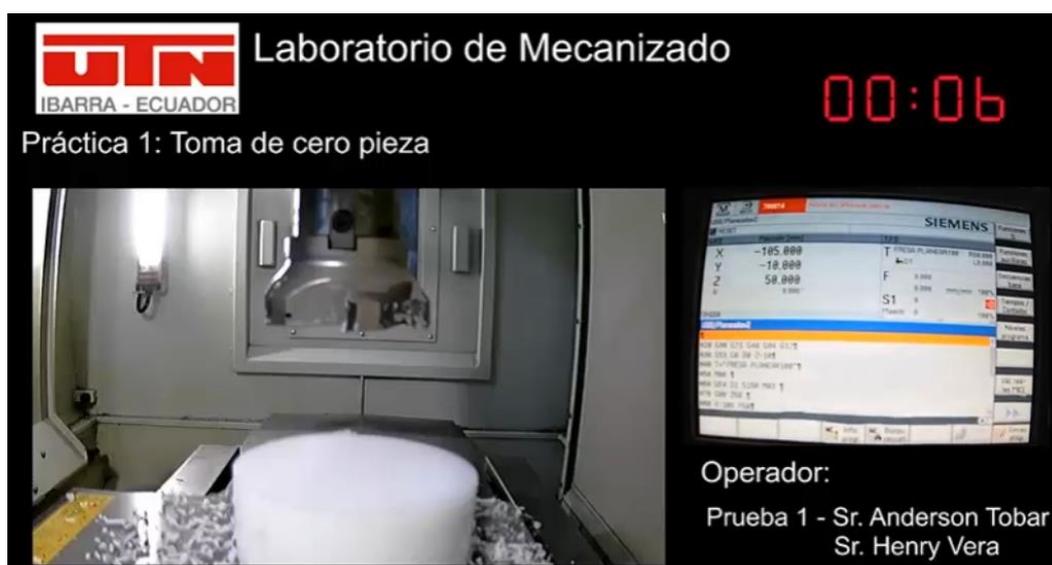


Figura 37

Practica de laboratorio 1 finalizada

**3.2.2. Practica de laboratorio 2**

La práctica de laboratorio 2 requiere de la asistencia del Técnico de laboratorio (ver Figura 33) al momento de ejecutar referenciar la altura de las herramientas: Fresa vertical de 6 mm y broca de un 1/4 de pulgada, haciendo uso del panel remoto (ver Figura 33a), pequeños trozos de papel (ver Figura 38) y el sentido de la vista.

El dispositivo audiovisual adicional presente en el laboratorio (Televisión inteligente) ayuda a verificar el estado de la transmisión de video como se muestra en la Figura 39.

Figura 38

Referencia de la altura de herramientas para la práctica de laboratorio 2

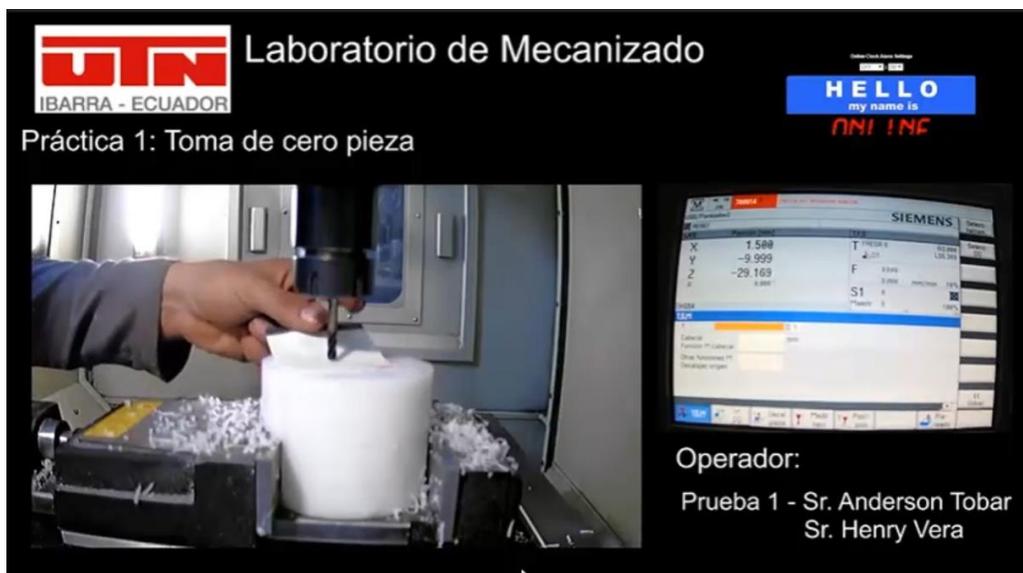


Figura 39

Ejecución de la práctica de laboratorio 2



La práctica de laboratorio se ejecuta de acuerdo con la guía de práctica ubicada en la sección de anexos, la práctica de laboratorio finaliza cuando el técnico docente verifica que la operación de perfilado externo y perforación central ha sido ejecutada con éxito (ver figura 40), es posible verificar las dimensiones de la geometría resultante a través de instrumentos de metrología.

Figura 40

Práctica de laboratorio 2 finalizada



3.2.3. Práctica de laboratorio 3

La práctica de laboratorio 3 no requiere de la asistencia del Técnico de laboratorio para referenciar herramientas de corte, puesto que se utiliza la fresa de 6 mm que se referencia en la práctica de laboratorio 2.

El dispositivo audiovisual adicional presente en el laboratorio (Televisión inteligente) ayuda a verificar el estado de la transmisión de video como se muestra en la Figura 41.

Figura 41

Ejecución de la práctica de laboratorio 3



Figura 42

Práctica de laboratorio 3 finalizada.



La práctica de laboratorio se ejecuta de acuerdo con la guía de práctica ubicada en la sección de anexos, la práctica de laboratorio finaliza cuando el técnico docente verifica que la operación de perfilado interno ha sido ejecutada con éxito (ver figura 42), es posible verificar las dimensiones de la geometría resultante a través de instrumentos de metrología.

3.3. Fallas durante la ejecución de las prácticas de laboratorio

Durante la ejecución de la práctica de laboratorio 3 se presentan con frecuencia fallas en la transmisión de video, que coinciden con los trayectorias a velocidad máxima del centro de mecanizado. De igual forma las fallas se presentan en la transmisión de video de la plataforma Twitch como se muestra en las figuras 43 y 44.

Figura 43

Falla en la transmisión de video durante la práctica de laboratorio 3 en el dispositivo del Sr. Anderson Tobar

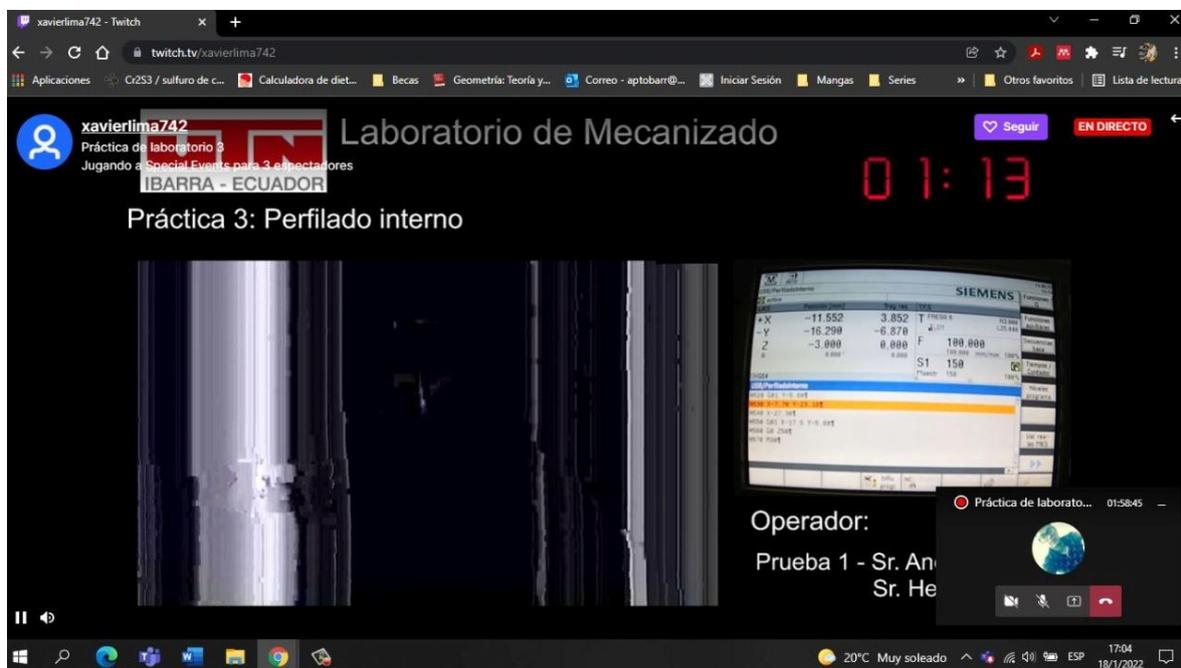
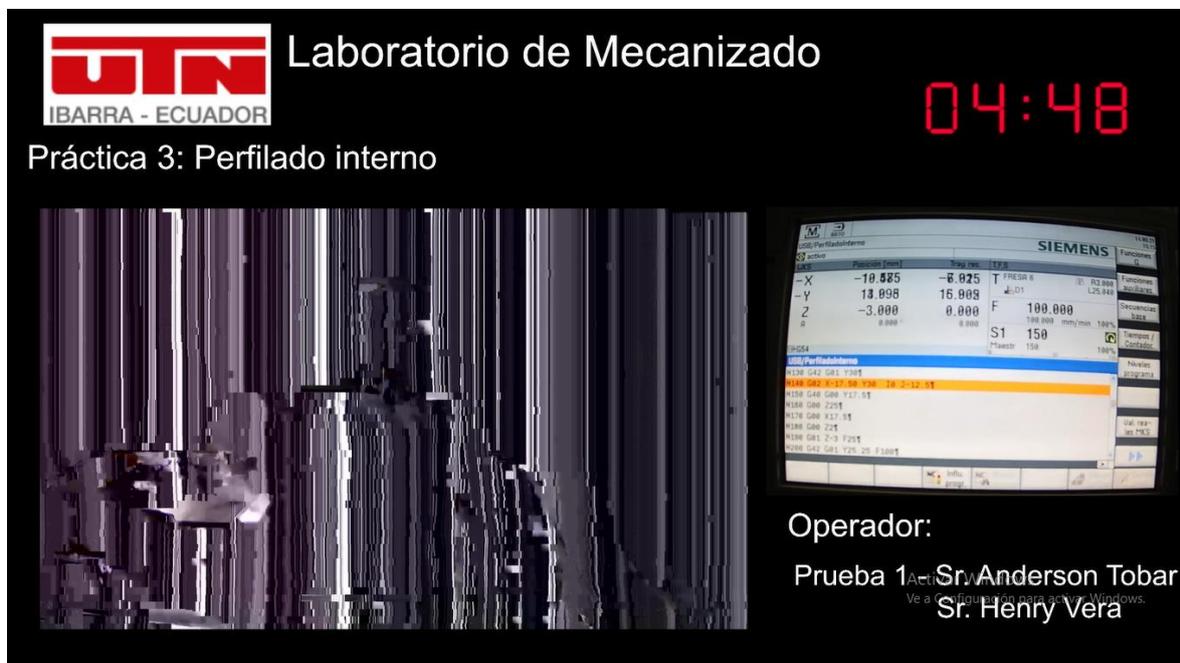


Figura 44

Falla en la transmisión de video durante la práctica de laboratorio 3 en el dispositivo del Sr.

Henry Vera



Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- El proceso actual de mecanizado dentro del laboratorio Centro de mecanizado y Procesos de Manufactura requiere de al menos dos imágenes de video dentro y fuera de la fresadora a fin de obtener la información necesaria del proceso de corte.
- El uso del software OBS studio para la gestión y transmisión de imágenes de video a través de las plataformas Youtube y Twitch resulta conveniente para el aprendizaje en línea, debido que los estudiantes pueden obtener una retroalimentación visual y complementa el aprendizaje.
- Las cámaras IP que se venden comercialmente para sistemas de vigilancia en hogares son ideales en cuanto a calidad de imagen y estabilidad para el sistema de supervisión del laboratorio remoto.
- La plataforma de Youtube como medio de transmisión para las prácticas de laboratorio es relativamente estable durante todo el proceso.
- La plataforma de Twitch como medio de transmisión para las prácticas de laboratorio es relativamente estable durante los procesos de corte a velocidades de avance programadas y presenta fallas esporádicas en trayectorias a velocidad máxima del Centro de Mecanizado.
- Las 3 prácticas de laboratorio diseñadas para probar el sistema de laboratorio remoto se ejecutaron con éxito, los estudiantes participantes se encontraron en la ciudad de Ibarra y Cayambe e interactuaron a través de la plataforma Teams con el Técnico Docente del laboratorio Xavier Lima y visualizaron el procesos de mecanizado a través de las plataformas YouTube y Twitch usando un dispositivo electrónico adicional con acceso a una interfaz gráfica

Recomendaciones

- Se recomienda realizar las prácticas de laboratorio con un grupo más grande de estudiantes a fin de detectar errores de transmisión.
- Se recomienda usar el sistema sin el uso de refrigerante de corte a fin de mantener una imagen más clara del proceso de mecanizado.
- Se recomienda blindar el sistema eléctrico y de red de transmisión de datos con una protección contra posibles salpicaduras de líquido refrigerante de corte.

Bibliografía.

- [1] I. J. Guardiola, O. Martínez, O. Ferrer, and P. Santiago, “e-LAB COLOMBIA Red de Laboratorios Virtuales y Teleoperados de Colombia en la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada (RENATA).,” 2020.
- [2] Unesco and Cepal, “La educación en tiempos de la pandemia de COVID-19,” 2020. [Online]. Available: https://www.siteal.iiep.unesco.org/respuestas_educativas_covid_19.
- [3] C. Monzo, G. Cobo, J. A. Morán, E. Santamaría, and D. García-Solórzano, “Remote laboratory for online engineering education: The rlab-uoc-fpga case study,” *Electronics (Switzerland)*, vol. 10, no. 9, May 2021, doi: 10.3390/electronics10091072.
- [4] R. Zamora, *Análisis de requerimiento para la implementación de Laboratorios Remotos*. Barranquilla, 2011.
- [5] A. J. Álvares and J. C. E. Ferreira, “WebTurning: Teleoperation of a CNC turning center through the Internet,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 179, no. 1–3, pp. 251–259, Oct. 2006, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2006.03.096.
- [6] Y. M. Al-Naggar, N. Jamil, M. F. Hassan, and A. R. Yusoff, “Condition monitoring based on IoT for predictive maintenance of CNC machines,” in *Procedia CIRP*, 2021, vol. 102, pp. 314–318. doi: 10.1016/j.procir.2021.09.054.
- [7] A. Suhas, M. Chabbi, K. v. Gangadharan, and P. Umesh, “Open Source Remote Triggered Laboratory for Web based Manufacturing-A Case Study of 2D Plotter,” in *Proceedings of the 4th International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology, ICECA 2020*, Nov. 2020, pp. 1418–1422. doi: 10.1109/ICECA49313.2020.9297410.
- [8] N. Dias, H. Alvarinhas, A. Quintã, and J. Santos, “WEB ENABLED CNC MILLING MACHINE CONTROL,” 2006.
- [9] V. M. Monroy, J. de Dios Calderón, and J. C. Mirandav, “Taking the Lab into the Classroom: Using Mobile Technology to Monitor and Receive Data from CNC Machines,” Toluca, 2005.
- [10] M. Castilla, J. L. Guzmán, J. C. Moreno, and F. Rodríguez, “Remote Laboratory for a Flexible Manufacturing Cell,” 2019.
- [11] L. Alfaro, “Remote intraoperative frozen section diagnosis in pathology with high definition video transmission through YouTube and Twitch,” *Revista Española de Patología*, vol. 55, pp. 12–18, 2022.

- [12] B. Altan and M. O. Sunay, “Optimal peer-to-peer network for streaming multimedia broadcast,” *Mathematical Social Sciences*, vol. 108, pp. 166–174, Nov. 2020, doi: 10.1016/j.mathsocsci.2020.06.003.
- [13] SIEMENS, “Manual de puesta en marcha Software básico y software de manejo,” 2006. [Online]. Available: www.siemens.com/sinutrain
- [14] ROMI, “Características Técnicas de la línea Romi D,” Sao Paolo, 2020.

Anexos

Anexo 1 - Guías de laboratorio

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

TEMA:	Operaciones de Fresado	PRÁCTICA:	1
LABORATORIO:	Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura.	SEMESTRE:	Oct 21 – Feb 22
DOCENTE ASIGNATURA:	Fernando Valencia	ASIGNATURA:	Manufactura asistida por computador
TÉCNICO DOCENTE:	Xavier Lima	NIVEL:	7

La práctica de laboratorio que se muestra a continuación ha sido elaborada por Pablo Andrés Báez Muñoz, estudiante de la carrera de ingeniería en Mecatrónica perteneciente a la Universidad Técnica del Norte con la finalidad de realizar pruebas para el trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO PARA UN CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL DE 3 EJES”.

Título de la Práctica

Operaciones de Fresado – Toma del cero pieza y planeado de un cilindro.

Objetivos de la Práctica

- Toma de cero pieza en el centro de un cilindro de nylon haciendo uso de una broca de 1/4 de pulgada.
- Planeado sobre una pieza cilíndrica de nylon haciendo uso de una fresa de planeado con un diámetro de 100 mm.

Trabajo Preparatorio.

Resolver el trabajo preparatorio, citar la fuente con normas IEEE e incluir la hoja de presentación (según norma INEN 2402). Presentar en un documento.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Cuestionario:

1. Enumere los códigos G preparatorios del encabezado a utilizarse en un programa para el centro de mecanizado ROMI D800.
2. ¿Qué es el cero pieza en un programa de fresado?
3. Detalle el procedimiento para la toma del cero pieza sobre una porción de material cilíndrico.
4. ¿Cuál es la velocidad de avance y número de revoluciones para la operación de planeado de un cilindro de nylon de 4 in de diámetro, con una fresa planar de 100 mm de diámetro con insertos de carburo de tungsteno?
5. ¿Qué es el avance a favor y en contra para un proceso de fresado?
6. ¿Qué es el traslape en una operación de planeado?

Materiales y Equipos

Tabla 1

Materiales y equipos para la práctica 1

Cantidad	Denominación
1	Centro de Mecanizado ROMI D800 (laboratorio)
1	Pieza cilíndrica de nylon (4 pulgadas de diámetro x 30 mm)
1	Herramienta de planeado de 100 mm
1	Broca de 1/4 de pulgada de diámetro
1	Dispositivo audiovisual con acceso a la plataforma twitch/youtube
1	Estación de laboratorio remoto instalado en el laboratorio Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Procedimiento Experimental

La práctica de laboratorio se realiza de forma virtual, un sistema de cámaras previamente instalado en el interior y exterior del centro de mecanizado en conjunto con un servidor (Figura 1) transmitirá las imágenes de video usando las plataformas de transmisión en vivo: Youtube o Twitch (Figura 2 y 3).

Figura 1

Software libre para la emisión de video (OBS)



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 2

Recepción de la transmisión de video a través de la plataforma Youtube



Figura 3

Recepción de la transmisión a través de la plataforma Twitch



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Para facilitar el aprendizaje se sugiere mantener dos dispositivos audiovisuales activos, en uno de los cuales se visualiza la transmisión en vivo (Youtube / Twitch) mientras que en el segundo dispositivo se interactúa con el técnico de laboratorio y compañeros de clase a través de la plataforma Teams.

El Enunciado de la práctica de laboratorio se muestra a continuación:

Sobre un cilindro de nylon de 30 mm de altura y 4 pulgadas de diámetro (ver Figura 4 y Figura 5), se realiza un planeado haciendo uso de una fresa plana de 100 mm de diámetro.

Figura 4

Croquis para la práctica de laboratorio 1 (vista axonométrica)

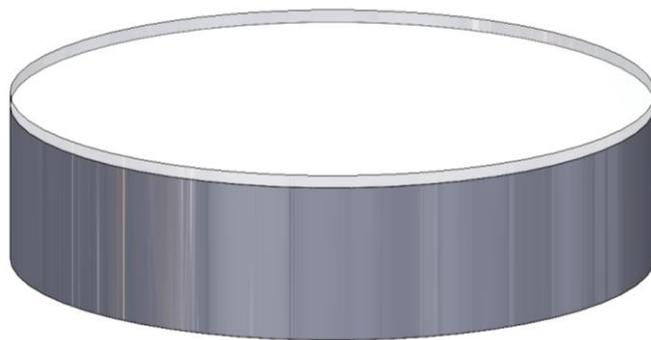
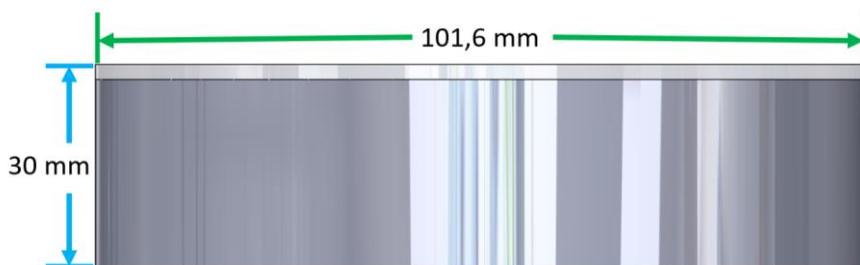


Figura 5

Croquis para la práctica de laboratorio 1 (vista frontal)



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

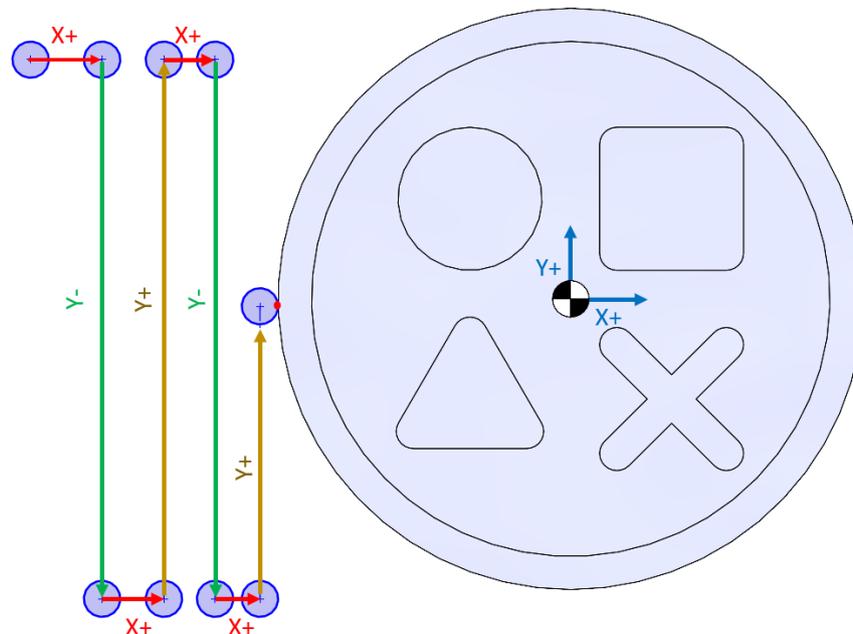
Para realizar la toma del cero pieza se utiliza la broca de 1/4 in a fin de reducir el costo económico si ocurre una ruptura de la herramienta por un impacto de la herramienta de corte con el material en el proceso.

Es necesario desplazar la herramienta mencionada en dirección X (positivo), Y (negativo), X (positivo), Y (negativo) y así sucesivamente como se muestra en la figura 6 con la finalidad de encontrar el único punto de tangencia de la herramienta de corte con el material.

Se puede hacer uso de una porción de papel para identificar el punto de contacto entre la herramienta de corte y el material como se muestra en la figura 7.

Figura 6

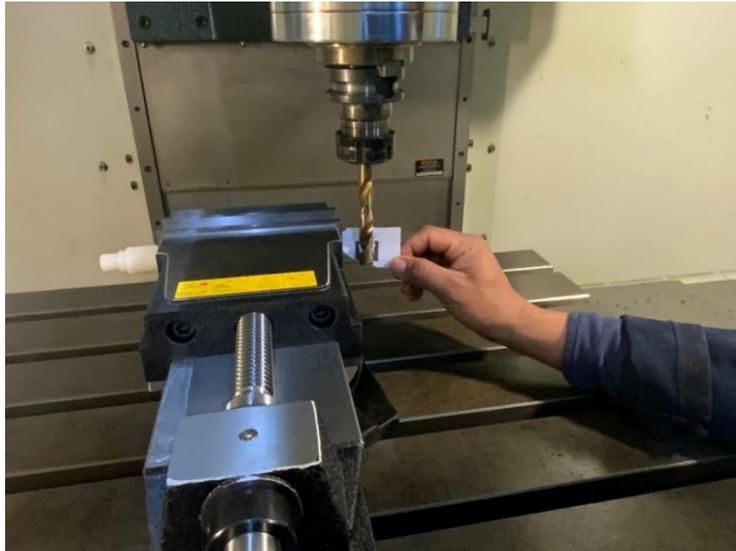
Toma de cero pieza en el eje x



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 7

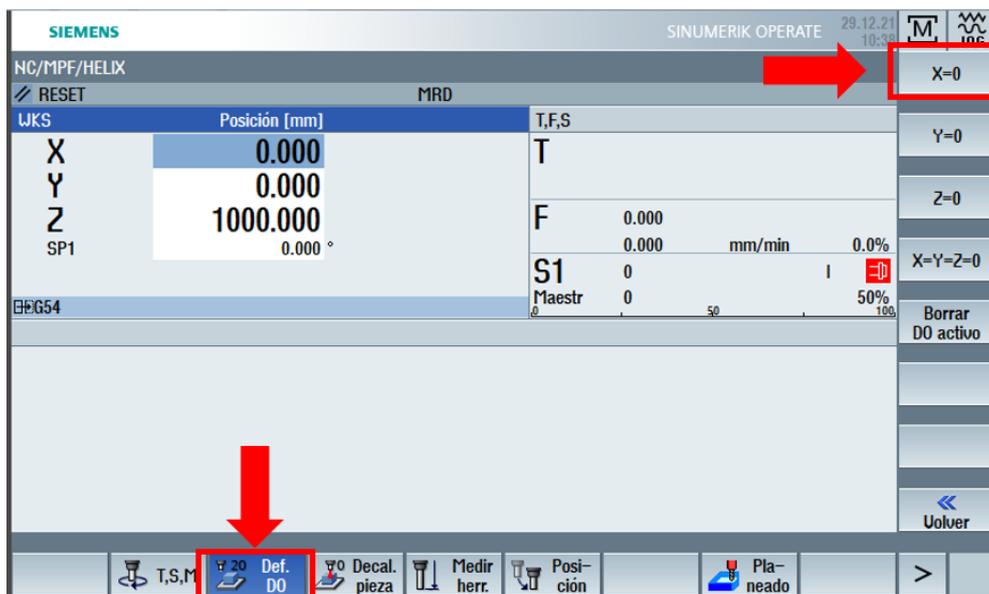
Asistencia docente para la toma del cero pieza



Una vez que se encuentra el punto de tangencia de forma física, se procede a definir el cero pieza en el eje X, como se muestra en la figura 8.

Figura 8

Definición del cero pieza en dirección X

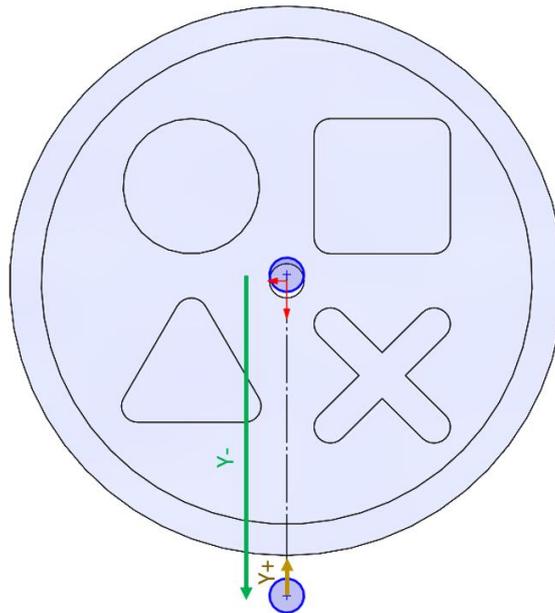


GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Con la ayuda del panel remoto, se desplaza la herramienta de corte en dirección X positivo la distancia de 53.975 mm y así posicionar el centro de la herramienta de corte en el centro del material en bruto. La distancia desplazada corresponde a la sumatoria del radio de la herramienta (3.175 mm) más el radio del material en bruto (50.8 mm). Una vez desplazada la herramienta al centro del material se procede a definir nuevamente el cero pieza para el eje x como se muestra en la figura 8.

Figura 9

Toma del cero pieza en dirección Y

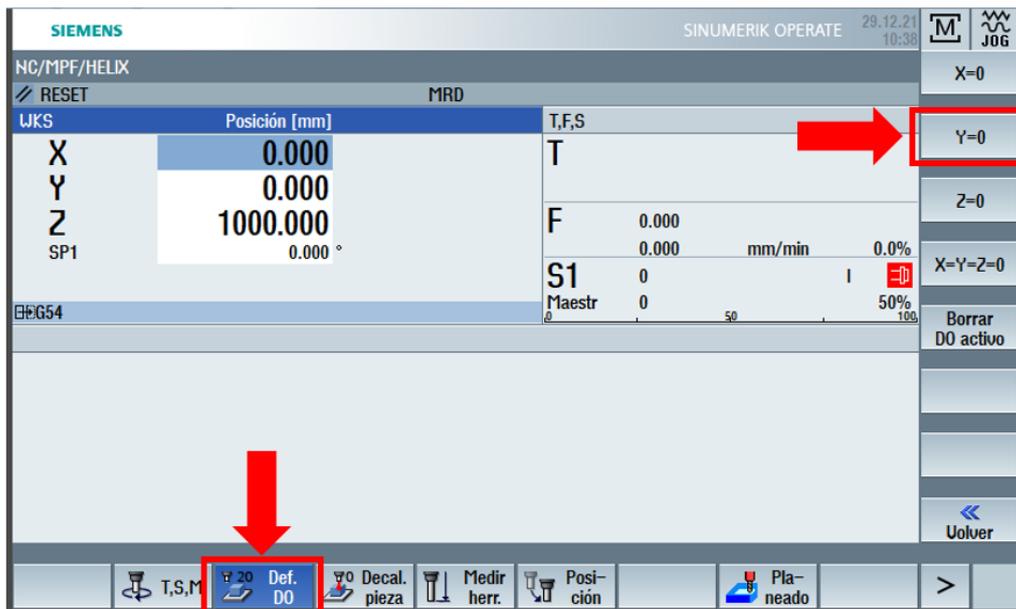


Una vez que se determina el cero pieza en x, se procede a desplazar la herramienta en dirección Y negativo fuera del material en bruto, seguido se desplaza la herramienta en z negativo hasta una altura por debajo de la superficie del material en bruto para finalmente acercar la herramienta (Y positivo) hacia el punto de contacto tangencial entre el material en bruto y la herramienta de corte como se muestra en la figura 9.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 10

Definición del cero pieza en dirección Y



Una vez que se encuentra el punto de tangencia de forma física, se procede a definir el cero pieza en el eje Y, como se muestra en la figura 10. Seguido con la ayuda del panel remoto, se desplaza la herramienta de corte en dirección Y positivo la distancia de 53.975 mm y así posicionar el centro de la herramienta de corte en el centro del material en bruto. La distancia desplazada corresponde a la sumatoria del radio de la herramienta (3.175 mm) más el radio del material en bruto (50.8 mm). Una vez desplazada la herramienta al centro del material se procede a definir nuevamente el cero pieza para el eje y como se muestra en la figura 10.

Para realizar el planeado se intercambia la herramienta de corte actual (1/4 in) por una fresa vertical de 100 mm de diámetro, y se procede a tomar el cero pieza en el eje Z. Se acerca la herramienta en Z (Color verde) lo más cerca posible al material en bruto (Color gris) sin

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

ponerlo en contacto como se muestra en la figura 11, seguido en el panel de operación se define el cero pieza en Z como se muestra en la figura 12.

Figura 11

Toma del cero pieza en el eje Z

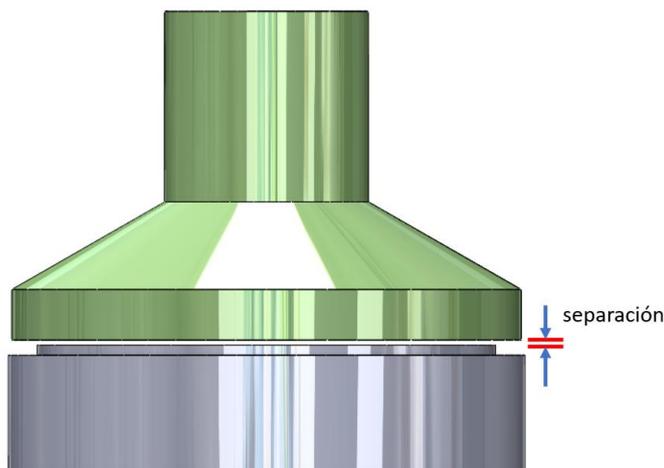
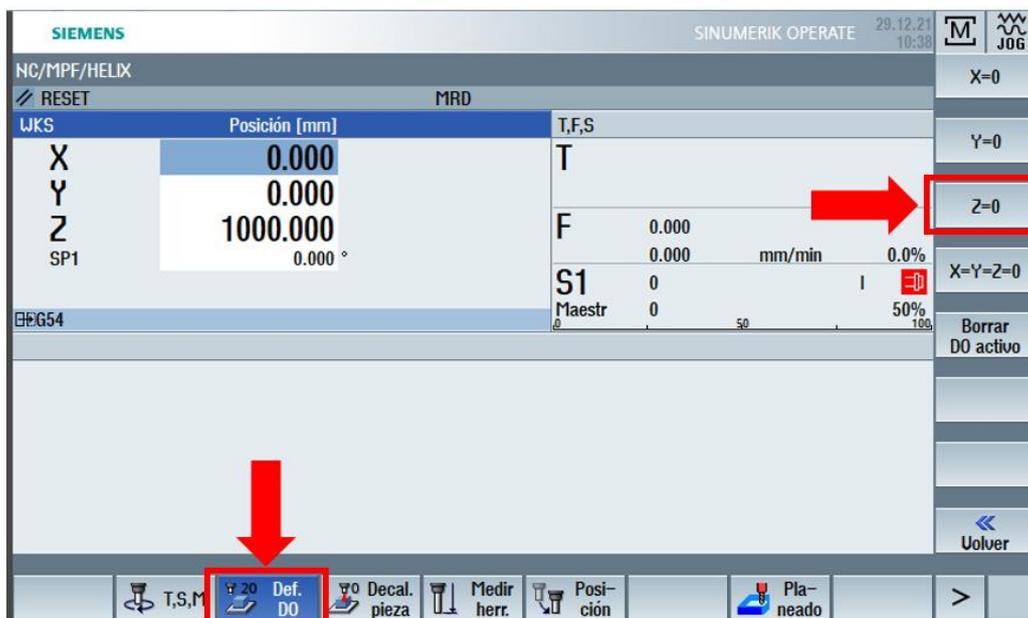


Figura 12

Definición del cero pieza en dirección Z



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Una vez tomado el cero pieza, se procede a simular el código G para la operación de planeado como se muestra en las figuras 13 y 14, así se comprueba las trayectorias y se estima el tiempo que tarda la operación de fresado.

Figura 13

Código G para el planeado con fresa de 100 mm

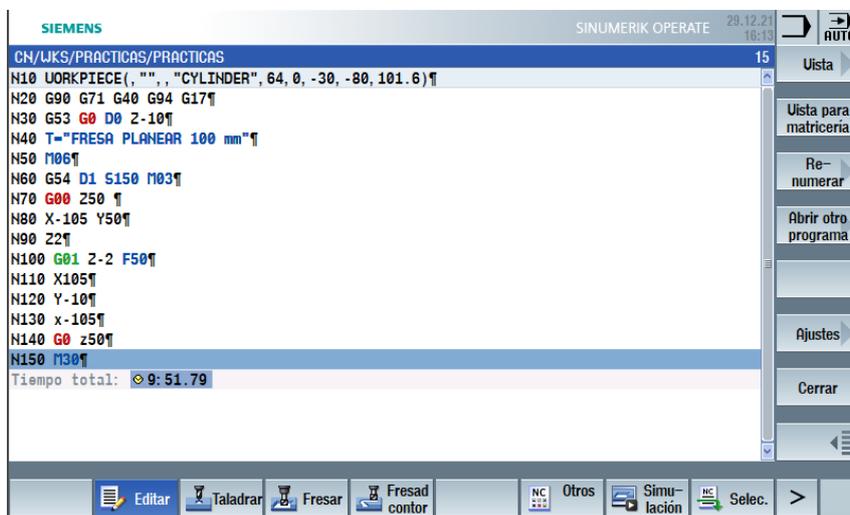
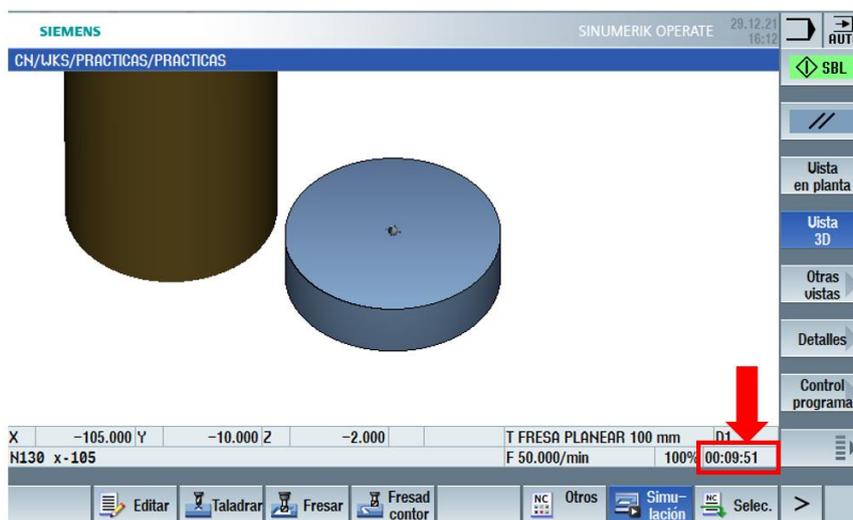


Figura 14

Simulación de la operación de planeado.



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Una vez simulado el programa se debe configurar el tiempo de ejecución en el Software libre para la emisión de video OBS y así Finalmente ejecutar el programa en el centro de Mecanizado con la ayuda del docente presente en el laboratorio.

Documentos Para Entregar

Se debe detallar cada punto de coordenadas con el cual se va a realizar el programa y detallar cada punto realizado en el perfil, como se muestra en la tabla 2

Tabla 2

Puntos referenciales de croquis

Puntos	Código G/M	Coordenada en X	Coordenada en Z	Detalle
--	G00	100	-	Punto seguro para el cambio de herramienta.
--	G00	-	150	Punto seguro para el cambio de herramienta.
--	T0606	-	-	Cambio de herramienta
--	G00	-	1	Punto para inicio de ciclo (desbaste transversal)
--	G00	-	50	Punto para inicio de ciclo (desbaste transversal)
P1	G00	0	-	Punto 1 del perfil

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Se debe elaborar la hoja de procesos, en donde conste los cálculos respectivos para velocidades de husillo, avance y profundidad de pasada además de todos los procesos a ejecutarse para obtener la pieza final tales como aserrado manual o limado, especificando el cero pieza, los ejes coordenados, sus dimensiones, distancia de seguridad entre la herramienta, el material en bruto.

Presentación del Informe.

Elaborar un video de 2 a 3 minutos de duración en calidad media, editado y debe contener:

Presentación de los integrantes del grupo.

- Descripción de la práctica a realizar y sus procesos.
- Ejecución del proceso pasó a paso.
- Adjuntar el video en la carpeta compartida en Teams.
- Adjuntar una hoja impresa con la tabla de puntos referenciales de croquis como se muestra en la tabla 1, con su respectiva imagen de referencia como se muestra en la ilustración 6, adicionalmente el “código G”.
- Planos según norma de dibujo técnico INEN

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

TEMA:	Operaciones de Fresado	PRÁCTICA:	2
LABORATORIO:	Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura.	SEMESTRE:	Oct 21 – Feb 22
DOCENTE ASIGNATURA:	Fernando Valencia	ASIGNATURA:	Manufactura asistida por computador
TÉCNICO DOCENTE:	Xavier Lima	NIVEL:	7

La práctica de laboratorio que se muestra a continuación ha sido elaborada por Pablo Andrés Báez Muñoz, estudiante de la carrera de ingeniería en Mecatrónica perteneciente a la Universidad Técnica del Norte con la finalidad de realizar pruebas para el trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO PARA UN CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL DE 3 EJES”.

Título de la Práctica

Operaciones de Fresado – Perfilado circular con compensación de radio externo y perforación central.

Objetivos de la Práctica

- Realizar una perforación central con una broca de 1/4 in a 20 mm de profundidad.
- Realizar un perfilado circular externo usando códigos para la compensación de radio y una fresa plan de 6 mm de diámetro.

Trabajo Preparatorio.

Resolver el trabajo preparatorio, citar la fuente con normas IEEE e incluir la hoja de presentación (según norma INEN 2402). Presentar en un documento.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Cuestionario:

1. Enumere los códigos G para realizar una compensación de radio.
2. ¿Explique el proceso para realizar una perforación en el centro de mecanizado vertical?
3. Para que sirve la función medir herramienta presente en el panel de operación del centro de mecanizado.
4. ¿Cuál es la velocidad de avance y número de revoluciones para la operación perfilado externo de un cilindro de nylon de 4 in de diámetro, con una fresa plana de vástago y 6 mm de diámetro?
5. ¿Cuál es la velocidad de avance y número de revoluciones para la operación de taladrado haciendo uso de una broca de 1/4 in de diámetro?
6. ¿Es posible realizar una interpolación circular de 360 grados con código G?

Materiales y Equipos

Tabla 3

Materiales y equipos para la práctica 2

Cantidad	Denominación
1	Centro de Mecanizado ROMI D800 (laboratorio)
1	Pieza cilíndrica de nylon (4 pulgadas de diámetro x 30 mm)
1	Fresa vertical de 6 mm de diámetro
1	Broca de 1/4 de pulgada de diámetro
1	Dispositivo audiovisual con acceso a la plataforma twitch/youtube
1	Estación de laboratorio remoto instalado en el laboratorio Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Procedimiento Experimental

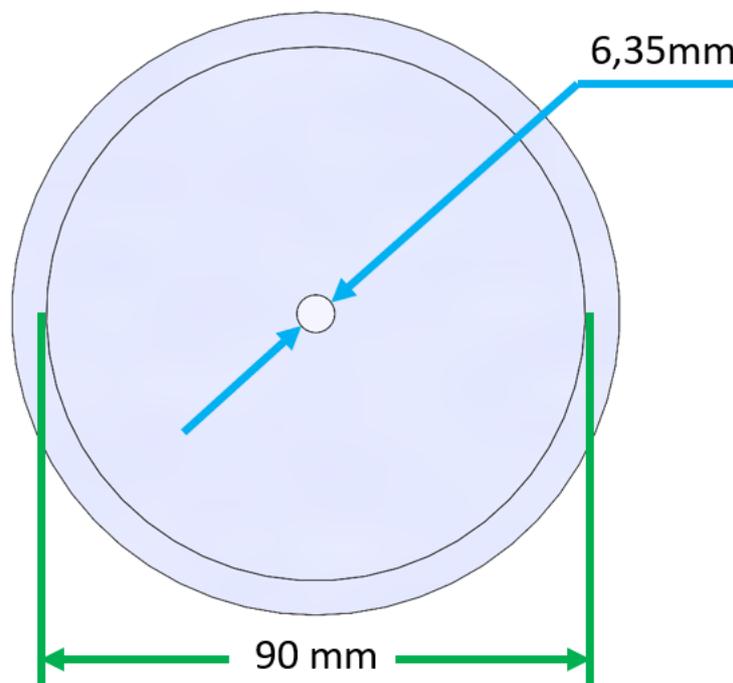
La práctica de laboratorio 2 se realiza de forma virtual bajo las mismas condiciones de transmisión de video de la práctica de laboratorio 1.

El Enunciado de la práctica de laboratorio se muestra a continuación:

Sobre un cilindro de nylon de 28 mm de altura y 4 pulgadas de diámetro, que ha sido planeado previamente 2 mm, se manufactura la pieza que se muestra en las figuras 15 y 16, la profundidad del contorno exterior es de 2 mm, adicionalmente la pieza tiene una perforación no pasante con una broca de 1/4 in a 20 mm de profundidad.

Figura 15

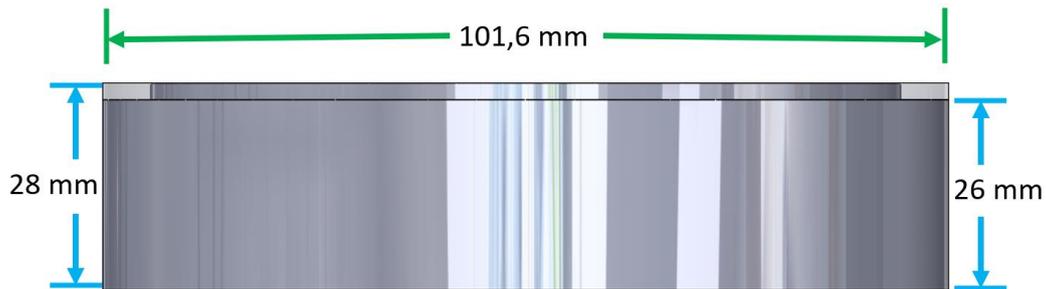
Croquis para la práctica de laboratorio 2 (vista superior)



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 16

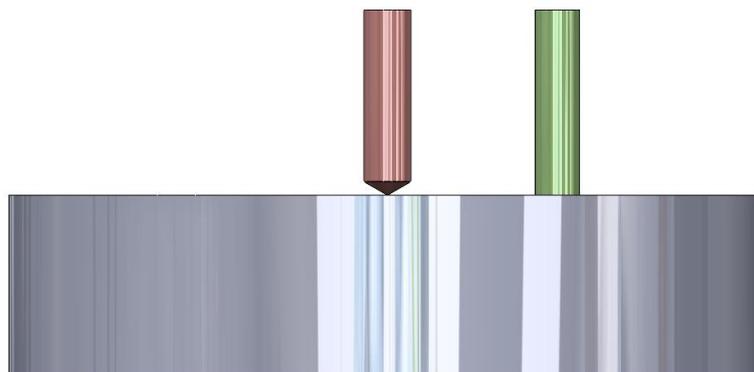
Croquis para la práctica de laboratorio 2 (vista frontal)



Una vez identificado la geometría del modelo para la práctica, se realiza la toma del cero pieza en el eje z para las herramientas necesarias en la práctica de laboratorio: Broca de 1/4 in (color café) y fresa vertical de 6 mm de diámetro (color verde) como se muestra en la figura 17. Se debe situar las herramientas de corte sobre la superficie del material en bruto (color gris) como se muestra en la figura 17. Una vez situada cada una de las herramientas sobre el material, se referencia la altura de las herramientas con la función medir herramienta que se presenta en el panel de operación como se muestra en la figura 18.

Figura 17

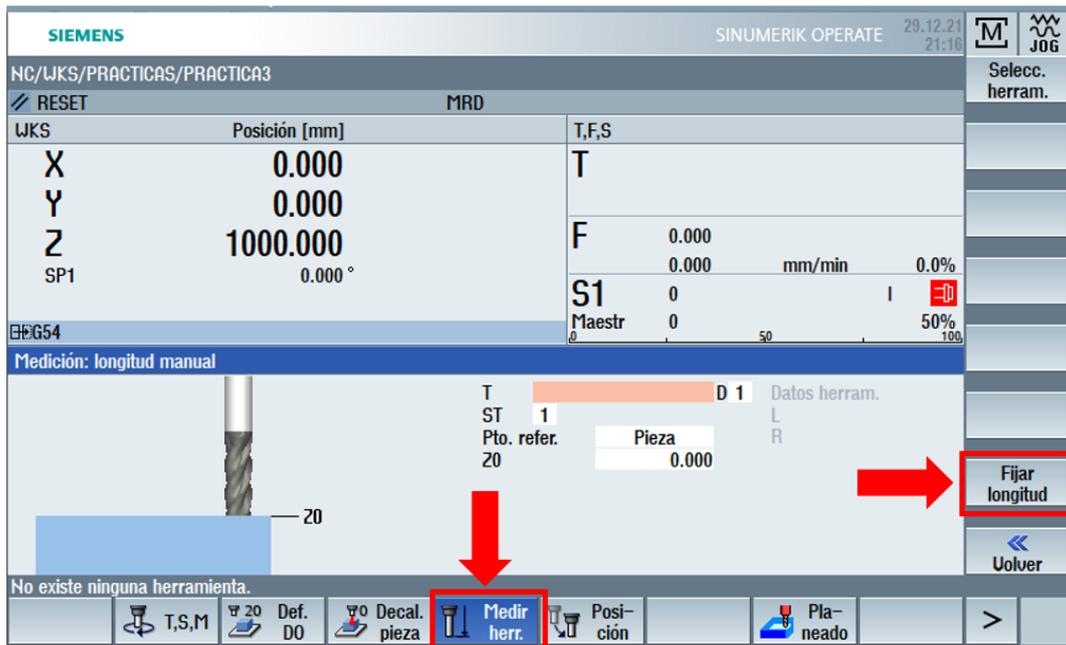
Toma de cero pieza para la fresa de 6 mm y broca de 1/4 in



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 18

Opción Medir herramienta para referenciar Z0

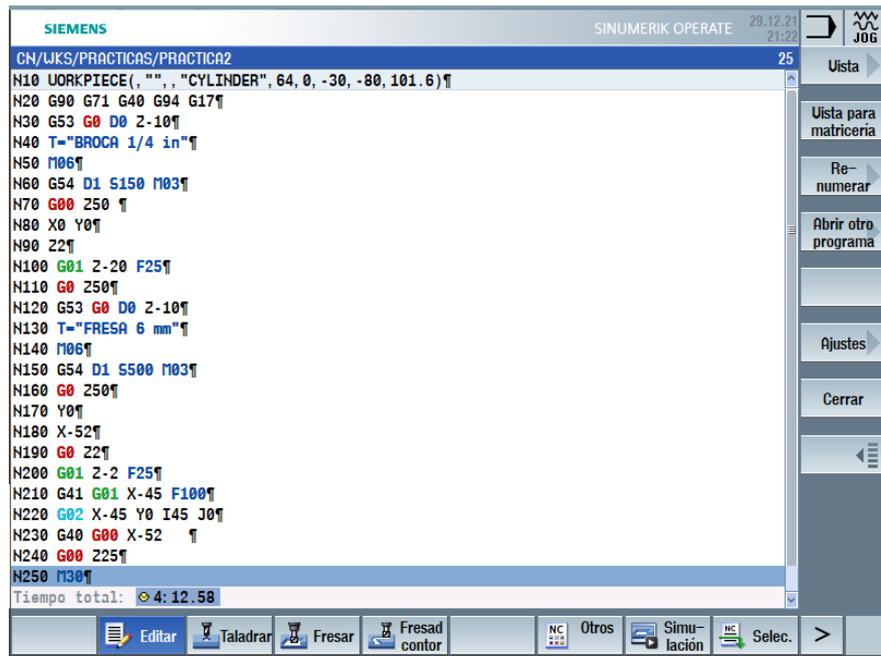


Una vez referenciadas las herramientas de corte, se procede a simular el código G para la operación de taladrado y perfilado externo como se muestra en las figuras 38 y 39, así se verifica las trayectorias y se estima el tiempo que tarda en ejecutarse las operaciones.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 19

Código G para la perforación de 1/4 in y perfilado externo con una fresa de 6 mm



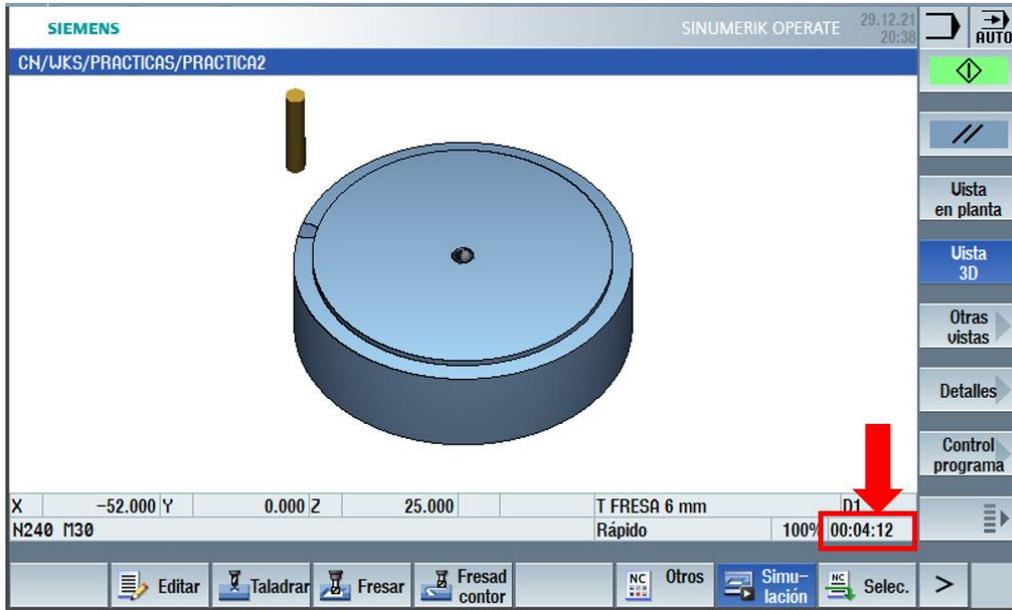
```

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 29.12.21 21:22
CN/UJS/PRACTICAS/PRACTICA2 25
N10 WORKPIECE(, "", "CYLINDER", 64, 0, -30, -80, 101.6)
N20 G90 G71 G40 G94 G17
N30 G53 G0 D0 Z-10
N40 T="BROCA 1/4 in"
N50 M06
N60 G54 D1 S150 M03
N70 G00 Z50
N80 X0 Y0
N90 Z2
N100 G01 Z-20 F25
N110 G0 Z50
N120 G53 G0 D0 Z-10
N130 T="FRESA 6 mm"
N140 M06
N150 G54 D1 S500 M03
N160 G0 Z50
N170 Y0
N180 X-52
N190 G0 Z2
N200 G01 Z-2 F25
N210 G41 G01 X-45 F100
N220 G02 X-45 Y0 I45 J0
N230 G40 G00 X-52
N240 G00 Z25
N250 M30
Tiempo total: 4:12.58
  
```

Figura 20

Simulación del proceso de taladra y perfilado externo

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO



Una vez simulado el programa se debe configurar el tiempo de ejecución en el Software libre para la emisión de video OBS y así Finalmente ejecutar el programa en el centro de Mecanizado con la ayuda del docente presente en el laboratorio.

Documentos Para Entregar

Se debe detallar cada punto de coordenadas con el cual se va a realizar el programa y detallar cada punto realizado en el perfil, como se muestra en la tabla 2

Tabla 4

Puntos referenciales de croquis

Puntos	Código G/M	Coordenada en X	Coordenada en Z	Detalle
--	G00	100	-	Punto seguro para el cambio de herramienta.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

--	G00	-	150	Punto seguro para el cambio de herramienta.
--	T0606	-	-	Cambio de herramienta
--	G00	-	1	Punto para inicio de ciclo (desbaste transversal)
--	G00	-	50	Punto para inicio de ciclo (desbaste transversal)
P1	G00	0	-	Punto 1 del perfil

Se debe elaborar la hoja de procesos, en donde conste los cálculos respectivos para velocidades de husillo, avance y profundidad de pasada además de todos los procesos a ejecutarse para obtener la pieza final tales como aserrado manual o limado, especificando el cero pieza, los ejes coordenados, sus dimensiones, distancia de seguridad entre la herramienta, el material en bruto.

Presentación del Informe.

Elaborar un video de 2 a 3 minutos de duración en calidad media, editado y debe contener:

Presentación de los integrantes del grupo.

- Descripción de la práctica a realizar y sus procesos.
- Ejecución del proceso pasó a paso.
- Adjuntar el video en la carpeta compartida en Teams.



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- Adjuntar una hoja impresa con la tabla de puntos referenciales de croquis como se muestra en la tabla 1, con su respectiva imagen de referencia como se muestra en la ilustración 6, adicionalmente el “código G”.
- Planos según norma de dibujo técnico INEN

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

TEMA:	Operaciones de Fresado	PRÁCTICA:	3
LABORATORIO:	Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura.	SEMESTRE:	Oct 21 – Feb 22
DOCENTE ASIGNATURA:	Fernando Valencia	ASIGNATURA:	Manufactura asistida por computador
TÉCNICO DOCENTE:	Xavier Lima	NIVEL:	7

La práctica de laboratorio que se muestra a continuación ha sido elaborada por Pablo Andrés Báez Muñoz, estudiante de la carrera de ingeniería en Mecatrónica perteneciente a la Universidad Técnica del Norte con la finalidad de realizar pruebas para el trabajo de titulación: “IMPLEMENTACIÓN DE UN LABORATORIO REMOTO PARA UN CENTRO DE MECANIZADO VERTICAL DE 3 EJES”.

Título de la Práctica

Operaciones de Fresado – Perfilado interno con compensación de radio interno de 4 figuras

Objetivos de la Práctica

- Realizar un perfilado interno usando códigos para la compensación de radio y una fresa plan de 6 mm de diámetro.

Trabajo Preparatorio.

Resolver el trabajo preparatorio, citar la fuente con normas IEEE e incluir la hoja de presentación (según norma INEN 2402). Presentar en un documento.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Cuestionario:

1. Enumere los códigos G para realizar una compensación de radio interno.
2. ¿Qué son las coordenadas incrementales?
3. ¿Cuáles son los métodos de sujeción para el material en bruto sobre la bancada de la fresadora? Mencione 3.
4. ¿Cuál es la diferencia que existe entre una fresa de vástago en comparación con un portaherramientas?
5. Explique el proceso para eliminar filos cortantes en las piezas mecanizadas por fresado.
6. ¿Qué tipo de fresas se puede utilizar para eliminar filos cortantes?

Materiales y Equipos

Tabla 5

Materiales y equipos para la práctica 3

Cantidad	Denominación
1	Centro de Mecanizado ROMI D800 (laboratorio)
1	Pieza cilíndrica de nylon (4 pulgadas de diámetro x 30 mm)
1	Fresa vertical de 6 mm de diámetro
1	Dispositivo audiovisual con acceso a la plataforma twitch/youtube
1	Estación de laboratorio remoto instalado en el laboratorio Centro de Mecanizado y Procesos de Manufactura.

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Procedimiento Experimental

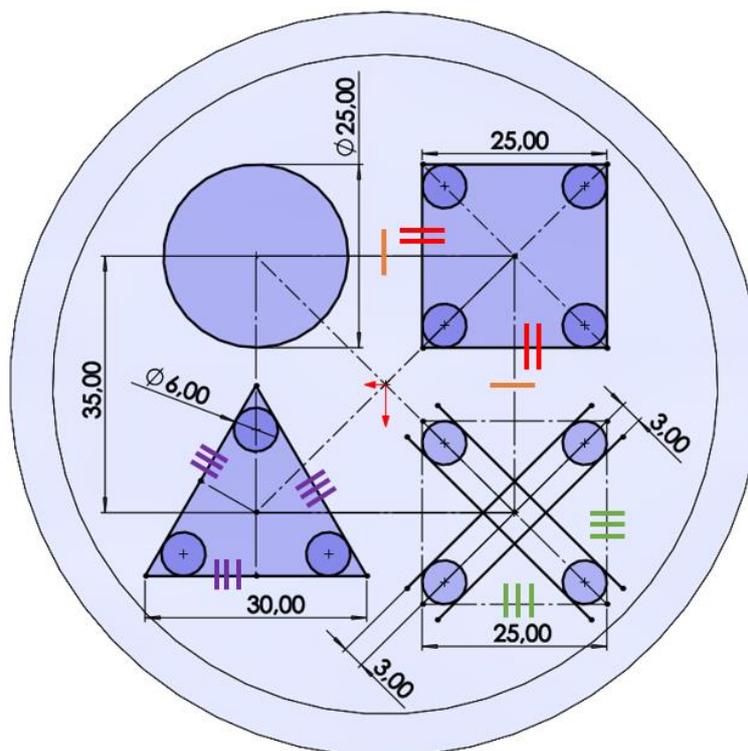
La práctica de laboratorio 3 se realiza de forma virtual bajo las mismas condiciones de transmisión de video de la práctica de laboratorio 1.

El Enunciado de la práctica de laboratorio se muestra a continuación:

Sobre un cilindro de nylon de 28 mm de altura y 4 pulgadas de diámetro, que ha sido planeado previamente 2 mm, se ha perforado en el centro con una broca de 1/4 in a una profundidad de 20 mm, se ha perfilado el contorno externo a un diámetro de 90 mm y 2 mm de profundidad. Se manufactura la pieza que se muestra en las figuras 15 y 16, la profundidad del contorno interior es de 2 mm para todas la figuras.

Figura 21

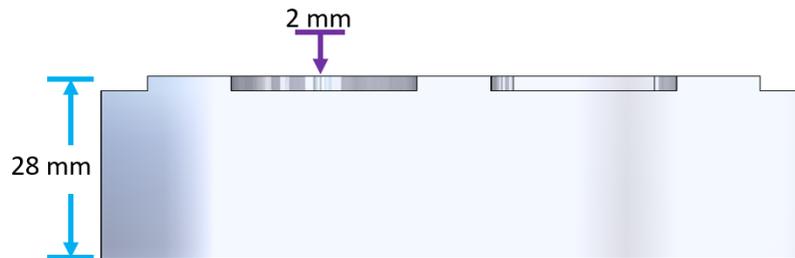
Croquis para la práctica de laboratorio 1 (Vista superior)



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 22

Croquis para la práctica de laboratorio 1 (Vista frontal)



Para la práctica de laboratorio 3 se usa la fresa de 6 mm antes referenciada en la práctica de laboratorio 2 y a continuación se escribe el código G para posteriormente simular la operación de perfilado interno como se muestra en las figuras 40 a 42, así se verifica las trayectorias y se estima el tiempo que tarda en ejecutarse las operaciones.

Figura 23

Código G para perfilado interno con fresa de 6 mm - parte 1

```

SIEMENS SINUMERIK OPERATE 28.12.21 21:41
CN/UKS/PRACTICAS/PRACTICA3
N10 WORKPIECE(, "... "CYLINDER", 64, 0, -30, -80, 101.6)
N20 G90 G71 G40 G94 G17
N30 G53 G0 D0 Z-10
N40 T="FRESA 6 mm"
N50 M06
N60 G54 D1 S150 M03
N70 G00 Z50
N80 X-17.50 Y17.50
N90 Z2
N100 G01 Z-3 F25
N110 G42 G01 Y25.25 F100
N120 G02 X-17.50 Y25.25 I0 J-7.75
N130 G40 G00 Y17.5
N140 G42 G01 Y30
N150 G02 X-17.50 Y30 I0 J-12.5
N160 G40 G00 Y17.5
N170 G00 Z25
N180 G00 X17.5
N190 G00 Z2
N200 G01 Z-3 F25
N210 G42 G01 Y25.25 F100
N220 X25.25
N230 Y9.75
N240 X9.75
N250 Y25.25
N260 X17.5
N270 G40 G00 Y17.5
N280 G42 G01 Y30
N290 X30
N300 Y5
  
```

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

Figura 24

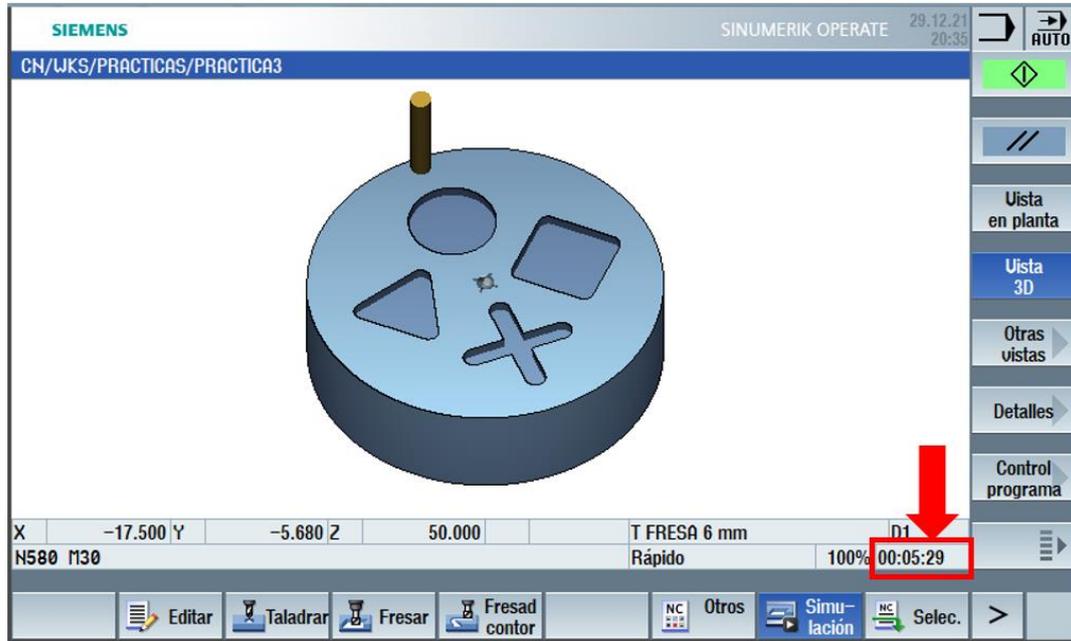
Código G para perfilado interno con fresa de 6 mm - parte 2

```
SIEMENS SINUMERIK OPERATE 29.12.21 21:43
CN/UKS/PRACTICAS/PRACTICA3
N310 X5
N320 Y30
N330 X17.5
N340 G40 G00 Y17.5
N350 G00 Z25
N360 G00 X8 Y-8
N370 G00 Z2
N380 G01 Z-3 F25
N390 G01 X27 Y-27 F100
N400 G00 Z25
N410 G00 X27 Y-8
N420 G00 Z2
N430 G01 Z-3 F25
N440 G01 Y-27 X8 F100
N450 G00 Z25
N460 G00 X-17.5 Y-17.5
N470 G00 Z2
N480 G01 Z-3 F25
N490 G01 Y-11.68 F100
N500 G01 X-12.46 Y-20.41
N510 G01 X-22.54
N520 G01 X-17.5 Y-11.68
N530 G01 Y-5.68
N540 G01 X-7.70 Y-23.16
N550 G01 X-27.30
N560 G01 X-17.5 Y-5.68
N570 G0 Z50
N580 T30
Tiempo total: 5:29.49
```

Figura 25

Simulación del proceso de perfilado interno

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO



Una vez simulado el programa se debe configurar el tiempo de ejecución en el Software libre para la emisión de video OBS y así Finalmente ejecutar el programa en el centro de Mecanizado con la ayuda del docente presente en el laboratorio.

Documentos Para Entregar

Se debe detallar cada punto de coordenadas con el cual se va a realizar el programa y detallar cada punto realizado en el perfil, como se muestra en la tabla 6

Tabla 6

Puntos referenciales de croquis

Puntos	Código G/M	Coordenada en X	Coordenada en Z	Detalle
--------	---------------	--------------------	--------------------	---------

GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

--	G00	100	-	Punto seguro para el cambio de herramienta.
--	G00	-	150	Punto seguro para el cambio de herramienta.
--	T0606	-	-	Cambio de herramienta
--	G00	-	1	Punto para inicio de ciclo (desbaste transversal)
--	G00	-	50	Punto para inicio de ciclo (desbaste transversal)
P1	G00	0	-	Punto 1 del perfil

Se debe elaborar la hoja de procesos, en donde conste los cálculos respectivos para velocidades de husillo, avance y profundidad de pasada además de todos los procesos a ejecutarse para obtener la pieza final tales como aserrado manual o limado, especificando el cero pieza, los ejes coordenados, sus dimensiones, distancia de seguridad entre la herramienta, el material en bruto.

Presentación del Informe.

Elaborar un video de 2 a 3 minutos de duración en calidad media, editado y debe contener:

Presentación de los integrantes del grupo.

- Descripción de la práctica a realizar y sus procesos.
- Ejecución del proceso pasó a paso.
- Adjuntar el video en la carpeta compartida en Teams.



GUÍA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

- Adjuntar una hoja impresa con la tabla de puntos referenciales de croquis como se muestra en la tabla 1, con su respectiva imagen de referencia como se muestra en la ilustración 6, adicionalmente el “código G”.
- Planos según norma de dibujo técnico INEN