

Universidad  
Autónoma  
Metropolitana



Casa abierta al tiempo **Azcapotzalco**



**Licenciatura:** Ingeniería Mecánica.

**Modalidad:** Proyecto Tecnológico.

**Título del Proyecto (PI):** Diseño de una prensa de sujeción de piezas para máquina didáctica CNC de 3 ejes.

**Nombre del Alumno:** Daniel Barrera Steven Fernando

**Matricula:** 2162004231

**Nombre de los asesores:**

**Asesor:** Ing. Romy Pérez Moreno

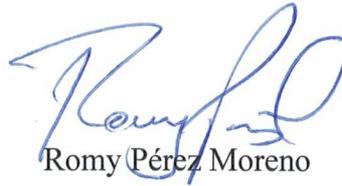
**Co-Asesor:** Dr. Barragán Santiago Israel

**Trimestre lectivo:** 23O

**Fecha:** México, D.F., 23O, febrero 2024

## Declaratoria

Yo, Romy Pérez Moreno, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



Romy Pérez Moreno

Yo, Israel Barragán Santiago, declaro que aprobé el contenido del presente Reporte de Proyecto de Integración y doy mi autorización para su publicación en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.



Israel Barragán Santiago

Yo, Steven Fernando Daniel Barrera, doy mi autorización a la Coordinación de Servicios de Información de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, para publicar el presente documento en la Biblioteca Digital, así como en el Repositorio Institucional de UAM Azcapotzalco.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Steven', is positioned above the printed name.

Steven Fernando Daniel Barrera

## AUTORIZACIÓN DE INSCRIPCIÓN A PROYECTO DE INTEGRACIÓN EN INGENIERÍA MECÁNICA

PI-A-MEC

Trimestre en que se autoriza la propuesta:  Fecha:  PI-A-MEC

### DATOS DEL ALUMNO

Nombre:  Matrícula:

Correo personal:

  
Firma

### ASESOR RESPONSABLE / DATOS DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Empresa:

No. económico:  Adscripción/Departamento/Sección:

Área de investigación:

Correo institucional:

  
Firma

### COASESOR O ASESOR EXTERNO / JEFE O RESPONSABLE LEGAL DE LA EMPRESA

Nombre del asesor/Jefe o Responsable legal:

No. económico/Teléfono:  Adscripción/Puesto:

Área de investigación/Departamento:

Correo electrónico:

  
Firma

### MODALIDAD DEL PROYECTO

Proyecto tecnológico  Proyecto de investigación  Estancia profesional  Experiencia profesional

### TÍTULO DEL PROYECTO

Diseño de una prensa de sujeción de piezas para máquina didáctica CNC de 3 ejes.

Proyecto de Integración asociado a un Proyecto de Investigación:  No  Sí Clave (?):

### OBJETIVO GENERAL

Diseñar una prensa de sujeción a la medida de las máquinas CNC del CEMAC, que permita realizar el montaje de piezas a maquinar.

### UNIDADES DE ENSEÑANZA APRENDIZAJE ASOCIADAS AL PROYECTO DE INTEGRACIÓN

Clave	UEA	UEA Autorizada	Vigencia
1100118	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica I	<input type="text" value="SI"/>	<input type="text" value="Inicio"/>
1100128	Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica II	<input type="text"/>	<input type="text" value="23P"/> Término
1100138	Introducción al Trabajo de Investigación en Ingeniería Mecánica	<input type="text"/>	<input type="text" value="23O"/>

Nombre y firma del Coordinador de Estudios

  
Ing. Romy Pérez Moreno



Sello de la Coordinación de Estudios

## Resumen

Este proyecto titulado: “Diseño de una prensa de sujeción de piezas para máquina didáctica CNC de 3 ejes”, se centra en el diseño y análisis de la fabricación de una prensa especial para las máquinas didácticas CNC del Centro de Manufactura Asistida por Computadora (CEMAC), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco.

Como punto de partida se consultaron las propiedades mecánicas del acrílico, que es el material que se emplea para las prácticas de CNC y que se encuentra disponible en el laboratorio del CEMAC. El punto máximo de tensión de este material antes de deformarse se tomó como dato para seleccionar el tornillo de potencia de la prensa, que puede cumplir el requerimiento de sujeción.

Se utilizaron normas de diseño y tolerancias para obtener un modelo definitivo. Debido a que la prensa de sujeción no debe sobrepasar los 400 g de peso, para su composición se seleccionaron materiales como aluminio 6061 y Nylamid por su ligereza y resistencia a la tensión. También se consideró usar otros elementos como tornillería de uso comercial.

En el trabajo se incluyó el análisis de los procesos de fabricación de los componentes de la prensa de sujeción con base en los dibujos de definición.

Los resultados del proyecto son: dibujos de definición con todas las especificaciones de cada uno de sus componentes, además de un ploteado de ensamble. De igual modo, la simulación y análisis de esfuerzos en los componentes principales de la prensa. También se ilustran y analizan los métodos de fabricación de los componentes de la prensa con hojas de proceso que especifican los requerimientos de maquinaria, herramientas y otros aditamentos como refrigerantes y lubricantes.

# Índice de contenido

Declaratoria.....	2
Resumen.....	6
1. Definición del Proyecto.....	11
1.1. Introducción.....	11
1.2 Antecedentes.....	12
1.3 Justificación.....	13
2. Objetivos.....	14
2.1 Objetivo general.....	14
2.2 Objetivos particulares.....	14
3. Marco Teórico.....	14
3.1 Fresadora CNC 3 ejes.....	14
3.2 Código de programación CNC.....	15
3.2.1 Código G.....	15
3.2.2 Código M.....	16
3.2.3 Lista de software mejor calificados para programación CNC y modelado CAD, según la industria.....	18
3.3 Aplicaciones de Fresado CNC.....	19
3.3.1 Aeroespacial.....	19
3.3.2 Automotriz.....	19
3.3.3 Uso comercial.....	20
3.3.4 Uso médico.....	20
3.4 Tipos de prensas de sujeción.....	21
3.4.1 Prensa de sujeción comercial:.....	21
3.4.2 Tornillo de banco fijo.....	21
3.4.3 Tornillo de banco de base giratoria.....	22
3.4.4 Tornillo de banco angular.....	22
3.5 Tornillo de potencia.....	23
3.5.1 Cálculo de Tornillos de potencia.....	24
3.5.2 Módulo de Young.....	26
4. Desarrollo del Proyecto.....	28
4.1 Cálculos de fuerza en límite elástico, diámetro de tornillo de potencia, par torsional ejercido por tornillo de potencia.....	29

4.2 Normatividad de componentes .....	36
4.3 Simulación y análisis de esfuerzos en componentes de la prensa.....	36
4.3.1 Simulación y análisis de esfuerzos en tornillo de potencia.....	36
4.3.2 Simulación y análisis de esfuerzos de la bancada de la prensa de sujeción. ....	40
4.3.3 Simulación y análisis de esfuerzos de mordaza de avance. ....	43
4.3.4 Simulación y análisis de esfuerzos en mordazas.....	47
4.4 Análisis de fabricación.....	51
5. Resultados.....	68
6. Análisis y Discusión de Resultados.....	78
7. Conclusiones.....	78
8. Referencias Bibliográficas. ....	78
9. Apéndices.....	81
10. Entregables Comprometidos en la Propuesta. ....	83

## Índice de figuras

Figura 1. a) Sistema de sujeción tipo bridas, b) Sistema de sujeción tipo prensa. ....	11
Figura 2. Mordazas escalonadas [1].....	12
Figura 3. Tipos de cuerda para tornillo de potencia [6]. ....	12
Figura 4. Fresadora 3 ejes [11]. ....	14
Figura 5. Fusion 360 [12]. ....	18
Figura 6. LinuxCNC [12]. ....	18
Figura 7. Mach3 [12]. ....	18
Figura 8. SolidWorks [12]. ....	18
Figura 9. Turbina [13]. ....	19
Figura 10. Maquinado cabeza de motor [13].....	19
Figura 11. Maquinado Brida [13]. ....	20
Figura 12. Prótesis [13]. ....	20
Figura 13. Prensas comerciales [14]. ....	21
Figura 14. Tornillo de banco fijo [14]. ....	21
Figura 15. Tornillo de banco base giratoria [14]. ....	22
Figura 16. Tornillo de banco angular [14]. ....	22
Figura 17. Descripción de un tornillo de potencia [6]. ....	24
Figura 18. Fuerza N sobre cuerda ACME [6]. ....	25

Figura 19. Tipos de esfuerzos [7].	26
Figura 20. Diagrama esfuerzo-Deformación unitaria.	27
Figura 21. Propiedades Físicas y Mecánicas de acrílico.	28
Figura 22. Compresión en barras [6].	30
Figura 23. Tensión de Von Mises tornillo ACME.	39
Figura 24. Tercera tensión principal tornillo ACME.	39
Figura 25. Tensión de Von Mises bancada de prensa.	42
Figura 26. Primera tensión principal bancad de prensa.	42
Figura 27. Tercera tensión principal bancada de prensa.	43
Figura 28. Tensión de Von Mises mordaza de avance.	46
Figura 29. Primera tensión principal mordaza de avance.	46
Figura 30. Tercera tensión principal mordaza de avance.	47
Figura 31. Tensión de Von Mises mordazas.	50
Figura 32. Primera tensión principal mordazas.	50
Figura 33. Tercera tensión principal mordazas.	51
Figura 34. Símbolos para diseño de montajes según la naturaleza de la superficie	51

## Índice de tablas

Tabla 1. Tornillos ACME [15].	23
Tabla 2. Coeficientes de fricción para tornillos de potencia [16].	26
Tabla 3. Propiedades físicas tornillo ACME.	36
Tabla 4. Materiales tornillo ACME.	37
Tabla 5. Par torsional tornillo ACME.	37
Tabla 6. Resumen de resultados tornillo ACME.	38
Tabla 7. Propiedades físicas bancada de prensa.	40
Tabla 8. Configuración de malla bancada de prensa.	40
Tabla 9. Materiales bancada de prensa.	40
Tabla 10. Fuerza de tensión bancada de prensa.	41
Tabla 11. Resumen de resultados bancada de prensa.	41
Tabla 12. Propiedades físicas mordaza de avance.	43
Tabla 13. Configuración de malla mordaza de avance.	44
Tabla 14. Materiales mordaza de avance.	44
Tabla 15. Fuerza de presión mordaza de avance.	44

Tabla 16. Resumen de resultados mordaza de avance.....	45
Tabla 17. Propiedades físicas mordazas.....	47
Tabla 4. Configuración de malla mordazas. ....	48
Tabla 5. Materiales mordazas. ....	48
Tabla 6. Fuerza de presión mordazas.....	48
Tabla 7. Resumen de resultados mordazas.....	49
Tabla 8. Conversión de unidades para herramienta 1 [18].....	81
Tabla 23. Conversión de unidades para herramienta 2 [18].....	82
Tabla 24. Medidas de brocas para machuelos milimétricos [18]. ....	83
Tabla 25. Entregables comprometidos en la propuesta. ....	83

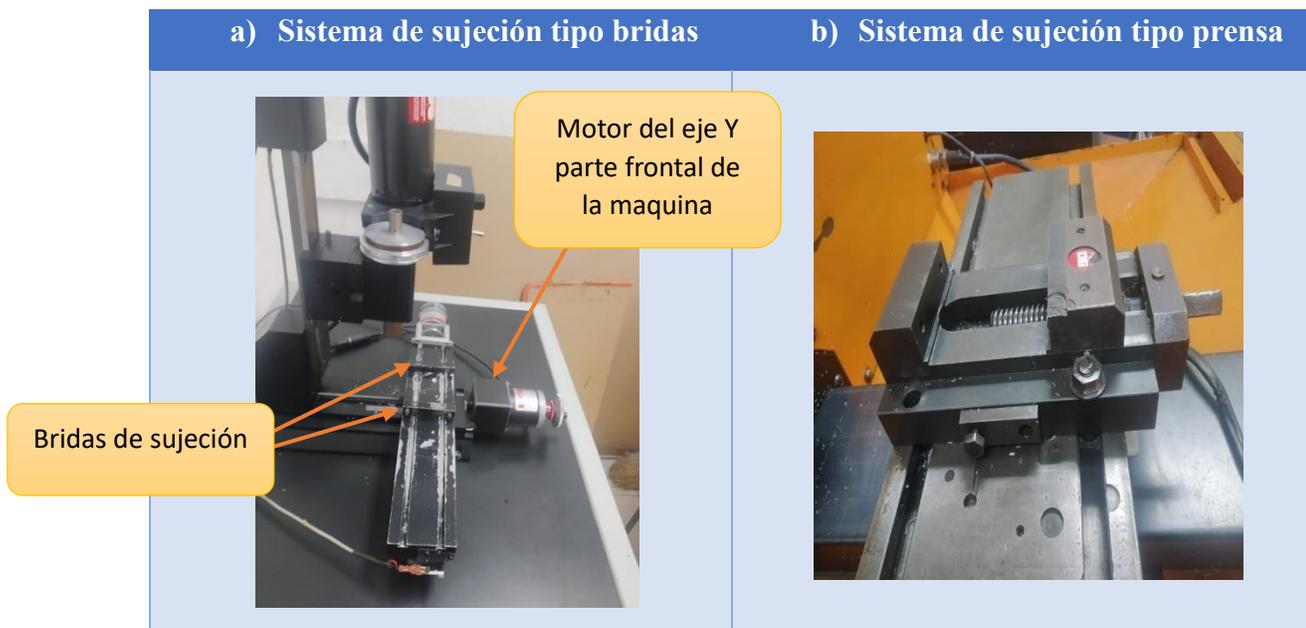
# 1. Definición del Proyecto.

## 1.1. Introducción.

El Centro de Manufactura Asistido por Computadora (CEMAC), de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, es un laboratorio donde se hacen prácticas de maquinado en el contexto de la UEA Control Numérico Computarizado (CNC). Para ello se cuenta con una serie de 4 máquinas fresadoras didácticas de 3 ejes, las cuales no usan prensa como sistema de sujeción de las piezas a maquinar (principalmente acrílico), pues el modo de sujeción actual es por medio de bridas, (Ver Figura 1.a).

Debido a la necesidad de hacer ciertos tipos de maquinados en las prácticas de la UEA de CNC (como el perfilado exterior de piezas, entre otros similares), es muy conveniente que las máquinas del CEMAC cuenten también con un sistema de sujeción tipo prensa (ver Figura 1.b), para poder sujetar piezas de trabajo de manera diferente.

Sin embargo, las características físicas de las máquinas CNC del CEMAC, imponen ciertas restricciones al uso de una prensa de sujeción, pues ésta debe ser ligera (no exceder de 400 gramos de peso), debido al torque de los motores de los ejes de las máquinas. De igual modo, no puede accionarse el apriete de las mordazas por el frente de la máquina, pues hay un motor en esa parte, (ver Figura 1.a,1.b), entre otras condiciones.

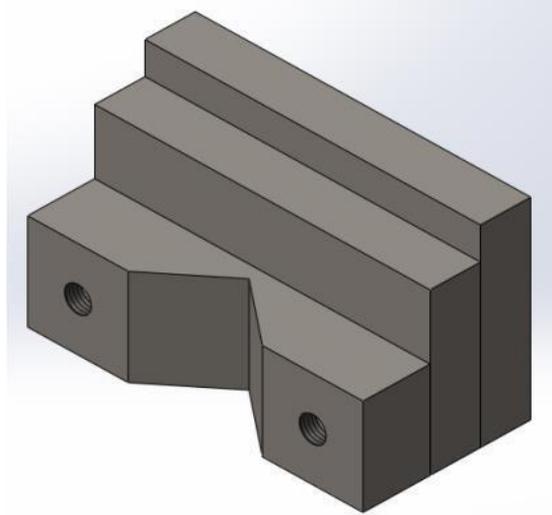


*Figura 1. a) Sistema de sujeción tipo bridas, b) Sistema de sujeción tipo prensa.*

Se ha decidido entonces, diseñar una prensa de sujeción especial para las máquinas CNC de 3 ejes del CEMAC. Pues una prensa comercial no cumpliría con las características específicas de tamaño y peso que cada máquina requiere.

## 1.2 Antecedentes.

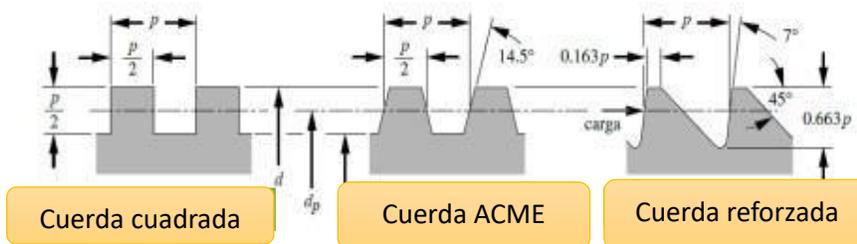
En la Universidad Tecnológica de Pereira (UTP), Colombia, se realizó en 2017 el trabajo de grado “Diseño y fabricación de una prensa neumática” [1]. Dicho trabajo se centra tanto en el diseño como en la fabricación de una prensa neumática. Un punto de interés de este trabajo con el proyecto de integración, es sobre el tipo de mordazas intercambiables según su propósito de uso, este tipo de mordazas pueden sustituir el uso de calzas en el momento del montaje del acrílico reduciendo el peso de la prensa, (ver Figura 2).



*Figura 2. Mordazas escalonadas [1].*

Otro punto de interés es el tipo de análisis en la parte estructural ya que todo el desarrollo del proyecto de integración se centró en las pruebas de compresión al acrílico, posteriormente el resultado de compresión máxima antes de que pase a su comportamiento plástico el material indica el esfuerzo máximo, con el cual se estableció un factor de seguridad y con ello la selección del tornillo de potencia para la sujeción, etc.

En la Universidad Autónoma de Nuevo León, se realizó en el año 2000 la tesis de maestría, “Sistema de sujeción y soporte mecánico” [2]. De esta tesis, se tomó en cuenta el análisis de diseño propuesto, por ejemplo, en la selección del tipo de cuerda para el tornillo de potencia, (ver Figura 3).



*Figura 3. Tipos de cuerda para tornillo de potencia [6].*

Otro punto de interés observado en esta tesis y que es de gran importancia en los objetivos particulares del proyecto de integración, es un tipo de metodología a seguir para ir desde los requerimientos específicos hasta la fabricación de dicha prensa de sujeción, desglosando el análisis de maquinados requeridos para obtenerla de manera física.

En el Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica ESIME Azcapotzalco se escribió, en 2008, la tesis de grado “Diseño de prensa mecánica para piezas cilíndricas para ser montada en fresadora CNC, marca DENFORD, MODELO TRIAC VMC” [3]. Las similitudes de la tesis con este Proyecto de Integración son el cálculo de tiempo de maquinado para cada uno de sus componentes.

De igual modo, hay similitud con los objetivos de esta tesis de grado, donde se buscó hacer un diseño de una prensa hecha a la medida con la finalidad de sujetar piezas cilíndricas para facilitar el montaje, de igual manera las existentes en el mercado no se adecuaban al propósito principal.

En la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco, se realizó el proyecto de integración, “Diseño y Análisis de fabricación de prensa para fresado en torno paralelo de 12 a 16 pulgadas de volteo” [4], escrito por los alumnos Gonzales Andrade Jordi Ricardo y Martínez Alonzo Jonathan en 2016. Este proyecto aborda varios tipos de sujeción como prensas fijas, con plato divisor universal y sujetadores de apriete rápido.

El proyecto de integración se centró en una prensa mecánica fija ya que para las prácticas realizadas en el laboratorio CEMAC, es una opción viable y permitiría hacer maquinados como el perfilar el perímetro de una pieza, hasta tener un corte uniforme.

Otro punto para abordar es el análisis de maquinados tanto del tornillo de potencia como los componentes de toda la prensa, la mayoría de los proyectos ya revisados optan por una cuerda ACME. Este tipo de cuerda es muy efectiva para este tipo de características en tornillos de potencia.

### **1.3 Justificación**

En el laboratorio CEMAC de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Azcapotzalco, se ha detectado la necesidad de contar con un sistema de sujeción tipo prensa para las piezas que se hacen en las prácticas de la Unidad de Enseñanza Aprendizaje Control Numérico Computarizado, que en su mayoría son acrílico.

Actualmente se ocupa un sistema de sujeción por bridas, sin embargo, es conveniente contar con un sistema de sujeción tipo prensa. Las prensas que se encuentran actualmente en el laboratorio no cuentan con las dimensiones ni con el peso adecuado para realizar el montaje de ciertas piezas de manera eficiente. Esto hace que el proceso de montaje de piezas en dichas máquinas sea demorado.

## 2. Objetivos.

### 2.1 Objetivo general.

Diseñar una prensa de sujeción a la medida de las máquinas CNC del CEMAC, que permita realizar el montaje de piezas a maquinar.

### 2.2 Objetivos particulares.

Determinar las propiedades mecánicas de un acrílico comercial mediante pruebas de compresión.

Diseñar la prensa de sujeción para las piezas a sujetar y de acuerdo con las máquinas CNC didácticas del CEMAC.

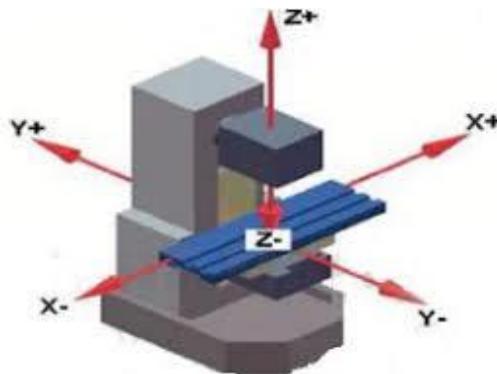
Determinar los materiales de la prensa de acuerdo con el peso que debe de cumplir (máximo 400 gramos).

Analizar los métodos de fabricación de los componentes.

## 3. Marco Teórico.

### 3.1 Fresadora CNC 3 ejes

Es una herramienta para la fabricación y mecanizado de prototipos de alta precisión, se clasifica en 3 ejes por sus movimientos en las direcciones X, Y y Z, estos pueden ser interpolados por medio de control numérico computarizado en sus tres movimientos, esta herramienta cuenta con tres servomotores que están conectados a un panel de control donde se es programado cada uno de sus movimientos, a continuación, (ver Figura 4).



*Figura 4. Fresadora 3 ejes [11].*

## 3.2 Código de programación CNC.

Es un sistema de programación normalizado y común a todos los controles del mercado. Está regulado por la norma DIN 6602T “Desarrollo de programas para máquinas de control numérico” [5], que coincide con la norma estándar internacional ISO/DIS 6893 y ISO/DP 6893 “Control numérico de máquinas”. En ella están reguladas las funciones básicas de desplazamientos (G0, G1, G2, etc.), así como las de regulación y control de la máquina (M3, M30, G90, etc.).

### 3.2.1 Código G.

El tipo de programación más utilizado es el código G acompañado de funciones auxiliares como los códigos M. Estos códigos están normalizados bajo la norma DIN 6602T. A continuación, se muestran algunos de los más comunes.

- G: es la dirección correspondiente a las funciones preparatorias. Se utilizan para informar al control de las características de las funciones de mecanizado, por ejemplo, forma de la trayectoria, tipo de corrección de herramienta, parada temporizada, ciclos automáticos, programación absoluta y relativa, etc. La función G va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones preparatorias diferentes.

#### Ejemplos:

G00: El trayecto programado se realiza a la máxima velocidad posible, es decir, a la velocidad de desplazamiento en rápido.

G01: Los ejes se gobiernan de tal forma que la herramienta se mueve a lo largo de una línea recta.

G02: Interpolación\_circular en sentido horario.

G03: Interpolación circular en sentido antihorario.

G05: Trabajo en arista matada.

G07: Trabajo en arista viva.

G09: Trayectoria circular definida por 3 puntos.

G10: Anulación de la imagen espejo.

G11: Imagen espejo en X.

G12: Imagen espejo en Y.

G17: Selección del plano XY.

G18: Selección del plano XZ.

G19: Selección del plano YZ.

G25: Salto incondicional.

G33: Indica ciclo automático de roscado.

G37: Entrada tangencial.

G38: Salida tangencial.

G40: Cancela compensación.  
G41: Compensación de corte hacia la izquierda.  
  
G42: Compensación de corte a la derecha.  
G43: Compensación del largo de las herramientas.  
G44: Anulación de la compensación del largo de las herramientas.  
G53/G59: Traslados de origen.  
G70: Programación en pulgadas.  
G71: Programación en milímetros.  
G72: Factor de escala.  
G73: Giro del sistema de coordenadas  
G77: Es un ciclo automático que permite programar con un único bloque el torneado de un cilindro, etc.  
G87: Cajera rectangular  
G88: Cajera circular.  
G90: Programación de cotas absolutas.  
G91: Programación de cotas incrementales.  
G94: Velocidad de avance F en mm/min.

### 3.2.2 Código M

M: es la dirección correspondiente a las funciones auxiliares o complementarias. Se usan para indicar a la máquina herramienta que se deben realizar operaciones tales como parada programada, rotación del husillo a derechas o a izquierdas, cambio de útil, etc. La dirección m va seguida de un número de dos cifras que permite programar hasta 100 funciones auxiliares diferentes.

#### **Ejemplos:**

M00: Provoca una parada incondicional del programa, detiene el husillo y la refrigeración.  
M01: Alto opcional.  
M02: Indica el fin del programa. Se debe escribir en el último bloque del programa y posibilita la parada del control una vez ejecutadas el resto de las operaciones contenidas en el mismo bloque.  
M03: Activa la rotación del husillo en sentido horario.  
M04: Activa la rotación del husillo en sentido antihorario, etc.  
M08: Lubricación ON.  
M09: Lubricación OFF.  
M10: Encendido del accesorio de iluminación.  
M30: Final del programa con vuelta al inicio.

(El sentido de giro del usillo es visto por detrás de la máquina, no de nuestro punto de vista como en los tornos convencionales).

M05: Parada del cabezal.

M06: cambio de herramienta (con parada del programa o sin) en las máquinas de cambio automático no conlleva la parada del programa.

F: es la dirección correspondiente a la velocidad de avance. Va seguida de un número de cuatro cifras que indica la velocidad de avance en mm/min.

S: es la dirección correspondiente a la velocidad de rotación del husillo principal. Se programa directamente en revoluciones por minuto, usando cuatro dígitos.

I, J, K: son direcciones utilizadas para programar arcos de circunferencia. Cuando la interpolación se realiza en el plano X-Y, se utilizan las direcciones I y J. Análogamente, en el plano X-Z, se utilizan las direcciones I y K, y en el plano Y-Z, las direcciones J y K.

T: es la dirección correspondiente al número de herramienta. Va seguido de un número de cuatro cifras en el cual los dos primeros indican el número de herramienta y los dos últimos el número de corrección de las mismas.

- A: ángulo
- G: función preparatoria
- M: función auxiliar
- N: numeración del bloque
- P: programa
- R: radio

### 3.2.3 Lista de software mejor calificados para programación CNC y modelado CAD, según la industria.

1. Fusion 360
2. AutoCAD
3. Inkscape
4. SolidWorks
5. Aspire
6. eCam
7. HeeksCNC
8. G-Wizard Editor
9. CNC Simulator Pro
10. NC Viewer
11. PlanetCNC
12. Universal Gcode Sender
13. ChiliPeppr
14. OpenCNC Pilot
15. Mach3, Mach4
16. LinuxCNC
17. Machinekit
18. UCCNC
19. Easel
20. GRBL Candle
21. MasterCAM

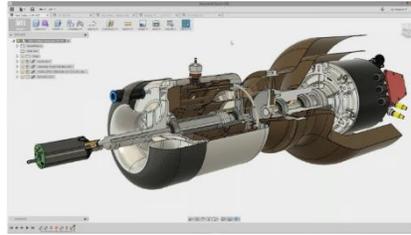


Figura 5. Fusion 360 [12].



Figura 6. LinuxCNC [12].

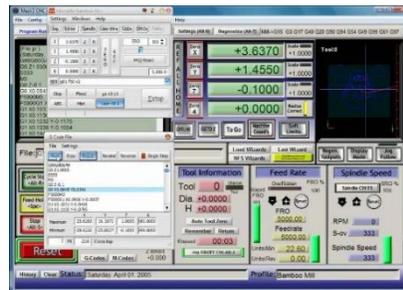


Figura 7. Mach3 [12].

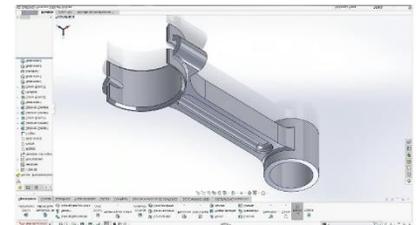


Figura 8. SolidWorks [12].

Los programas para máquinas CNC son el puente que conecta tu modelo con la realidad. Son lo que necesitas para combinar tus motores, rieles y un modelo 3D. Todas las fresadoras CNC, y prácticamente cualquier otro tipo de máquina CNC, utilizan programas que rigen el proceso de conversión de un dibujo o modelo en el movimiento de un motor.

A grandes rasgos, podemos dividir el proceso de mecanizado CNC en cuatro etapas. En primer lugar, se crea el modelo, ya sea mediante un dibujo en 2D o un software de modelado en 3D. A continuación, hay que preparar la trayectoria de la herramienta mediante la fabricación asistida por ordenador (CAM).

Algunos programas permiten editar e introducir código G y crear todos los cálculos matemáticos, todos los impulsos de paso (dirección), y enviarlos con precisión a los controladores de pasos. Otros dividen el trabajo y se limitan a enviar el código G, y dejan el resto de los cálculos al firmware de la máquina (en una placa aparte).

### 3.3 Aplicaciones de Fresado CNC

#### 3.3.1 Aeroespacial

El uso constante de materiales ligeros y duraderos como aluminio y titanio para la manufactura de componentes de gran precisión y exactitud se considera que el proceso es adecuado, (ver Figura 9).



*Figura 9. Turbina [13].*

#### 3.3.2 Automotriz

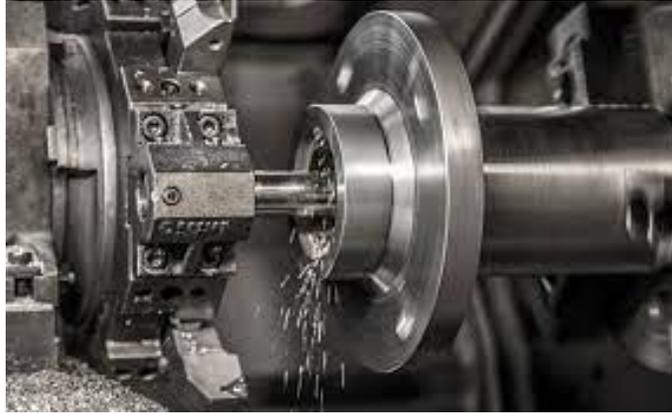
La industria automotriz hace uso del fresado CNC por la exigencia y eficiencia sin perder la exactitud y se considera que es confiable para el proceso, tales como algunos de estos componentes como paneles interiores, culatas de cilindros, ejes motrices, componentes de suspensión, piezas de escape y cajas de cambios, (ver Figura 10).



*Figura 10. Maquinado cabeza de motor [13].*

### 3.3.3 Uso comercial

El mecanizado de piezas convencionales como, engranes, ejes, tuercas, pernos y bridas, es adecuado tanto para capacidades de producción a gran escala como a corto plazo, (ver Figura 11).



*Figura 11. Maquinado Brida [13].*

### 3.3.4 Uso médico

El uso del fresado CNC es conveniente para la manufactura de, prótesis, ya que se requiere un diseño preciso y exclusivo por la complejidad del cuerpo humano, también brinda de una gran eficiencia para una gran producción, (ver Figura 12).



*Figura 12. Prótesis [13].*



### 3.4.3 Tornillo de banco de base giratoria

El tornillo de banco de base giratoria tiene como aditamento rotar, cuenta con una graduación de 0 a 360° en un plano horizontal para mecanizados de mayor complejidad, (ver Figura 15).



*Figura 15. Tornillo de banco base giratoria [14].*

### 3.4.4 Tornillo de banco angular

De igual manera que las prensas anteriores este tipo de prensa se ajusta de la misma manera a la mesa de trabajo de los equipos, esta prensa tiene en común con la de base giratoria una graduación de 0 a 360° en el plano horizontal y un rango de movimiento perpendicular con el horizontal de 0 a 90°, (ver Figura 16).

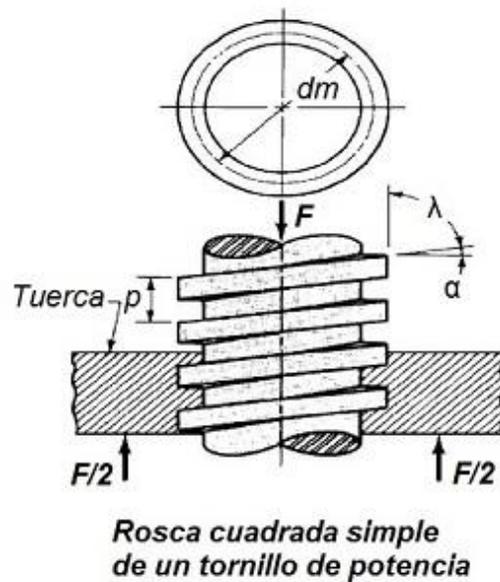


*Figura 16. Tornillo de banco angular [14].*



### 3.5.1 Cálculo de Tornillos de potencia

Identificando todas partes de un tornillo de potencia, se puede tener un mejor análisis pues de este dependerá el par torsional que pueda generar el tornillo, para elevar o descender una carga con valor  $F$ , para el análisis también se depende de otras variables como el paso del tornillo, que indica la proporción del movimiento rotacional a movimiento lineal. El diámetro medio en un tornillo indica el ancho del filete igual al del vano, otras variables que están presentes son los ángulos de hélice y de avance, (ver Figura 17).



*Figura 17. Descripción de un tornillo de potencia [6].*

$\alpha$ : ángulo de la hélice

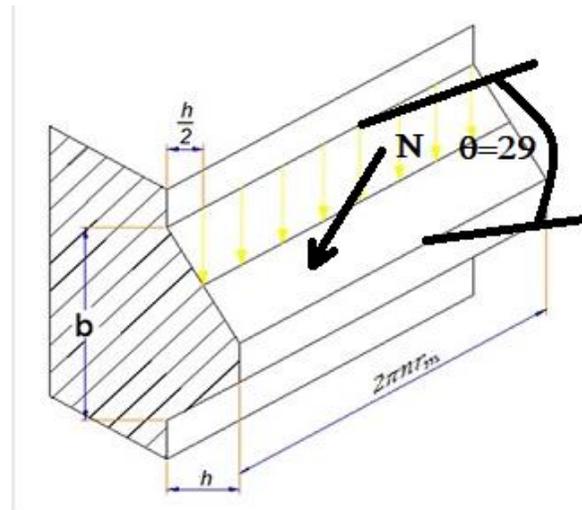
$\lambda$ : ángulo de avance

$p$ : paso o avance del tornillo

$d_m$ : diámetro medio del tornillo

$F$ : Valor de la carga a elevar por el tornillo

Para los tornillos ACME la carga normal  $N$  no es paralela al eje longitudinal del tornillo, se encuentra inclinada con respecto al eje longitudinal del tornillo en un ángulo de  $\theta$  (igual a la mitad de la rosca en su caso  $29^\circ$  para roscas ACME). La función de  $\theta$ , es incrementar la fricción de la rosca, por la acción de acuñamiento de los hilos, (ver Figura 18).



**Figura 18. Fuerza  $N$  sobre cuerda ACME [6].**

Las expresiones que proporcionan el par torsional para elevar o descender una carga con valor  $F$  usando tornillos de rosca ACME, son las siguientes:

Para elevación de carga ecuación rosca ACME (1).

$$T = \frac{F \cdot dm}{2} \cdot \frac{p + \pi \cdot \mu \cdot dm \cdot \sec \theta}{\pi \cdot dm - \mu \cdot p \cdot \sec \theta} \quad (1)$$

Para descenso de carga rosca ACME (2).

$$T = \frac{F \cdot dm}{2} \cdot \frac{\pi \cdot \mu \cdot dm \cdot \sec \theta - p}{\pi \cdot dm + \mu \cdot p \cdot \sec \theta} \quad (2)$$

$F$ : valor de la carga a elevar por el tornillo

$p$ : paso o avance del tornillo

$d_m$ : diámetro medio del tornillo

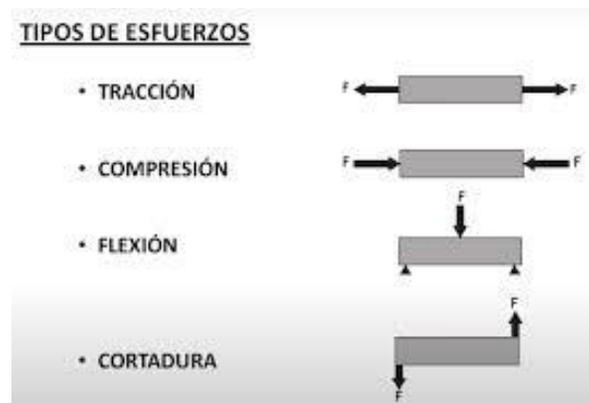
$\mu$ : coeficiente de rozamiento entre la rosca del tornillo y tuerca

Material de tornillo	Material de tuerca			
	Acero	Bronce	Latón	Fundición
Acero, seco	0.15 - 0.25	0.15 - 0.23	0.15 - 0.19	0.15 - 0.25
Acero, aceite de máquina	0.11 - 0.17	0.10 - 0.16	0.10 - 0.15	0.11 - 0.17
Bronce	0.08 - 0.12	0.04 - 0.06		0.06 - 0.09

*Tabla 2. Coeficientes de fricción para tornillos de potencia [16].*

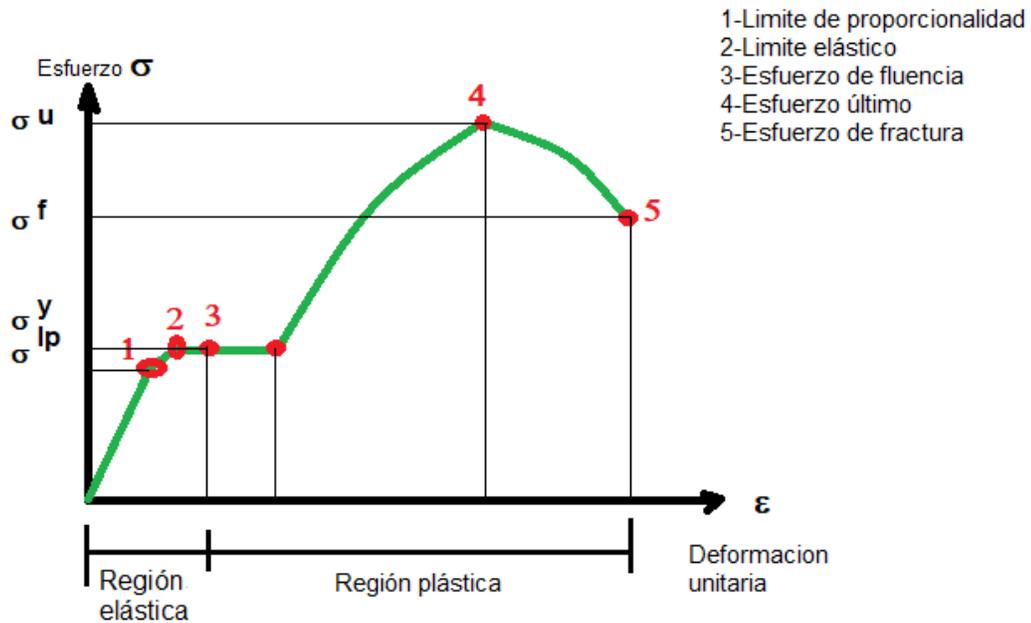
### 3.5.2 Módulo de Young

El módulo de Young o módulo de elasticidad longitudinal [7] es un parámetro que caracteriza la elasticidad de los materiales, según la dirección en la que se aplica la fuerza, los métodos más comunes son la tracción y la compresión, (ver Figura 19).



*Figura 19. Tipos de esfuerzos [7].*

El módulo de Young tiene el mismo valor para un ensayo de tracción que para un ensayo de compresión, porque la constante es independiente del esfuerzo, siempre que no exceda del límite de proporcionalidad, todos los valores de esfuerzo que sean menores al límite elástico son de interés para la selección de tornillo de potencia, esto asegura que no tenga deformaciones permanentes el acrílico, a continuación, un diagrama esfuerzo vs deformación unitaria donde se observa la región elástica donde se enfoca el proyecto , (ver Figura 20).



*Figura 20. Diagrama esfuerzo-Deformación unitaria.*

## 4. Desarrollo del Proyecto.

La empresa PLASTIGLAS de México S.A de C.V, proveedora de acrílico proporcionó los datos de caracterización de propiedades mecánicas para el material [8], utilizado en las prácticas de laboratorio. Se presenta un fragmento de la información, (ver Figura 21).

### PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS



PROPIEDAD	VALOR	MODELO DE PRUEBA
<b style="color: #e67e22;">ÓPTICA</b>		
Índice de Refracción	1.49	ASTM 542
Transmisión de Luz (%)		ASTM 1003
<4.5 mm	92	
>4.5 mm	90	
Haze (%)	2.0	ASTM 1003
<b style="color: #e67e22;">MECÁNICAS</b>		
Peso Específico	1.18	ASTMD 792
Resistencia a la Tensión	9600	ASTMD 638
Elongación a la Ruptura (%)	4.5	ASTMD 638
Módulo de Elasticidad (psi)	425000	ASTMD 798
Resistencia a la Flexión (psi)	15000 - 16000	ASTMD 798
Resistencia al Impacto izod (ft lb/pulg)	0.4-0.5	ASTMD 256
Dureza Rockwell	M90 - 100	ASTMD 785
Dureza Barcol	50	ASTMD 2583
<b style="color: #e67e22;">TÉRMICAS</b>		
Temperatura de Formado (° C)	140 - 180	
Temperatura Máxima de Servicio (° C)	80	
Temperatura de deflexión bajo carga	91	ASTM648
<b style="color: #e67e22;">VARIAS</b>		
Absorción de agua (24 hrs., 23° C) (%)	0.3%	ASTM 570

*Figura 21. Propiedades Físicas y Mecánicas del acrílico.*

A partir de esta información sobre las características de resistencia a la tensión, elongación a la ruptura, módulo de elasticidad, resistencia a la flexión y dureza Rockwell, se puede hacer el análisis de diseño o selección del tornillo de potencia según convenga ya que se busca tener partes comerciales para un mantenimiento conveniente y sencillo.

#### 4.1 Cálculos de fuerza en límite elástico, diámetro de tornillo de potencia, par torsional ejercido por tornillo de potencia.

Las propiedades mecánicas proporcionadas en la Figura 21, indican el carácter de resistencia a la tensión. Por ser el parámetro de esfuerzo último antes de la deformación  $\sigma$ , este valor es de utilidad para conocer la fuerza aplicada P con la Ecuación 3.

Un parámetro especificado en las propiedades mecánicas es de la norma ASTM D638 [9] “Método de prueba estándar para la tracción, propiedades de los plásticos”, esta norma indica las dimensiones de probetas para realizar las pruebas, en base a las dimensiones se obtiene la variable de área que es sustituida en la Ecuación 3 y que es de utilidad para conocer el valor de la fuerza que se aplicó en el tipo de acrílico que se usa en las prácticas del laboratorio CEMAC.

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (3)$$

$\sigma$  = Esfuerzo

P = Fuerza

A = Área transversal

Dimensiones de probetas para Norma ASTM D638 Tipo 1 probetas no reforzadas

Longitud de probeta: 5 in (127 mm) para probetas estándar.

Ancho de la sección de prueba: 0.5 in (12.7 mm).

Espesor de la sección de prueba: 0.125 in (3.18 mm).

Con los valores de ancho de sección de prueba y espesor de sección de prueba se obtiene el valor de “Área transversal” que se utiliza en la (Ecuación 3).

$$A = (0.5)(0.125)$$

$$A = 0.0625 \text{ in}^2$$

Sustituyendo en la ecuación de esfuerzo:

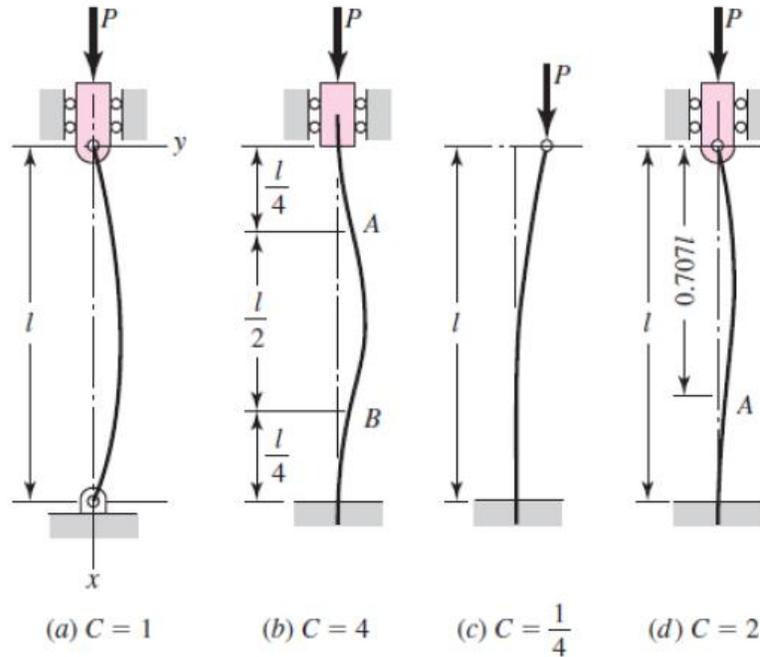
$$9600 \frac{lb_f}{in^2} = P/0.0625$$

Despejando, tenemos la fuerza máxima a la que se puede someter el acrílico:

$$P = \left(9600 \frac{lb_f}{in^2}\right) (0.0625 in^2)$$

$$P = 600 lb_f$$

Tomando el análisis de cálculo de tornillo de potencia como una columna sometida a compresión se tiene el siguiente análisis aplicando cargas a columnas, el tornillo de potencia a diseñar representa una columna larga con carga concentrada, así que se considera el inciso “c”, (ver Figura 22).



**Figura 22. Compresión en barras [6].**

Para obtener un diámetro adecuado del tornillo de potencia se utiliza la siguiente expresión matemática (Ecuación 4):

$$D = \left[ \frac{64 * P_{cr} * l^2}{\pi^3 * C * E} \right]^{\frac{1}{4}} \quad (4)$$

$P_{cr}$  = Fuerza indicador \* 6

$P_{cr} = P * k$

P = fuerza máxima que resiste el acrílico

K = coeficiente se seguridad = 6

L = Longitud de Tornillo

C = Relación de carga

E = Módulo de elasticidad

Sustituyendo:

Material: Acero templado

E= 29 Mpsi

P= 600 lbf fuerza máxima que resiste el acrílico

C= 0.25 Carga excéntrica

Cálculo de  $P_{cr}$ :

$$P_{cr} = 600 \text{ lbf} * 6$$

$$P_{cr} = 3600 \text{ lbf}$$

Calculando el Diámetro de Tornillo de potencia con la ecuación 4:

$$D = \left[ \frac{64 * 3600 \text{ lbf} * (4.5 \text{ in})^2}{\pi^3 * 0.25 * 29 \times 10^6 \frac{\text{lbf}}{\text{in}}} \right]^{\frac{1}{4}}$$

$$D = 0.3795 \text{ in} (9.6408 \text{ mm})$$

Con base en el resultado para el diámetro de tornillo de potencia podemos recurrir a la Tabla 1, sección 3.5, de tornillo ACME y escoger el que tenga el diámetro más próximo al resultado.

Existen dos tornillos que satisfacen el requerimiento los cuales son un tornillo 3/8 o 7/16, así que se seleccionó un tornillo 7/16.

El rendimiento de un tornillo  $n$  es un concepto que resulta útil para evaluar el adecuado funcionamiento de un tornillo con rosca ACME, se ve representado por la Ecuación 5:

$$n = \frac{\cos \theta - \mu * \tan \alpha}{\cos \theta + \mu * \cot \alpha} \quad (5)$$

$n$  = rendimiento de tornillo ACME

$$\Theta = 29/2 = 14.5^\circ$$

$\tan \alpha = P/2\pi * R_m$  donde  $R_m$ : Radio medio de tornillo ACME.

$\alpha$  = ángulo de hélice

$\mu$  = coeficiente de fricción

Sustituyendo:

$$\theta = 14.5$$

$$\tan \alpha = 6001/2\pi * 0.1979 = 482$$

$$\alpha = 89.88$$

$$\mu = 0.11 \text{ acero (Tabla 2).}$$

$$n = \frac{\cos 14.5 - 0.11 \cot 89.88}{\cos 14.5 + 0.11 \cot 89.88}$$

$$n = 4.77$$

Par torsional de tornillo de potencia [6].

Teniendo el valor de la fuerza que se necesita para llegar al límite elástico del acrílico se procede a expresar el torque que el tornillo de potencia ejercerá con la siguiente ecuación, sección 3.5.1, que representa el par torsional en tornillos ACME.

Sustituyendo:

$$F=600 \text{ lb}$$

$$d_m=7/16 \text{ in}$$

$$p= 2.18 \text{ hilos} \cdot \text{in}$$

$$\mu=0.15$$

$$\theta=29^\circ/2 = 14.5^\circ$$

$$T = \frac{600 \text{ lbf} \cdot \frac{7}{16} \text{ in}}{2} \cdot \frac{2.18 + \pi \cdot 0.15 \cdot \frac{7}{16} \text{ in} \cdot \sec 14.5}{\pi \cdot \frac{7}{16} \text{ in} - 0.15 \cdot 2.18 \cdot \sec 14.5}$$

$$T = 302.9595 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

Con base en el par de torsión que puede generar el tornillo de potencia se procede a realizar una simulación de esfuerzos, aplicando el par en el estudio de la sección 4.2.1.

Estado de tensión en el núcleo [6], para conocer el factor de seguridad del tornillo de potencia es necesario tener en cuenta la siguiente consideración  $cs = \sigma_e / \sigma_{co}$ , donde  $\sigma_e$  es el esfuerzo del núcleo del cual está hecho el tornillo y  $\sigma_{co}$  es el esfuerzo obtenido por el par torsional.

Para obtener el resultado de la variable  $\sigma_{co}$  es necesario primero calcular  $\sigma_t$  y  $\sigma$ , en el siguiente orden (Ecuación 6).

$$\sigma_t = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (6)$$

$\sigma_t$ = Esfuerzo de torsión

T = par torsional de tornillo ACME

$d^3$  = diámetro de tornillo

Sustituyendo:

$$T=302.9595 \text{ lbf} \cdot \text{in}$$

$$d^3 = (7/16)^3 = 0.0837 \text{ in}^3$$

$$\sigma_t = \frac{16 * 302.9595 \text{ lbf} \cdot \text{in}}{\pi * 0.0837 \text{ in}^3}$$

$$\sigma_t = 18425 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

Con el valor de la fuerza obtenida en la (Ecuación 3) se procede a realizar un cálculo de esfuerzo  $\sigma$  para el tornillo como una columna con la siguiente (Ecuación 7).

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (7)$$

P=Fuerza limite que se puede someter el acrílico

A= área trasversal de núcleo de tornillo

Sustituyendo:

$$P=600 \text{ lbf}$$

$$A = \pi(0.354)^2/4 = 0.0984 \text{ in}^2$$

$$\sigma = \frac{600 \text{ lbf}}{0.0984 \text{ in}^2}$$

$$\sigma = 6097 \frac{\text{lbf}}{\text{in}^2}$$

Por lo tanto, teniendo los valores de  $\sigma_t$  y  $\sigma$  se procede a calcular  $\sigma_{co}$  con la siguiente (Ecuación 8).

$$\sigma_{co} = \frac{3}{8} * \sigma + \frac{5}{8} (\sqrt{\sigma^2 + 4\sigma_t^2}) \quad (8)$$

$\sigma_{co}$ =esfuerzo por par torsional

$\sigma$ = esfuerzo de tornillo como columna

$\sigma_t$ = esfuerzo por torsión

Sustituyendo

$$\sigma_{co} = \frac{3}{8} * 6097 \frac{lbf}{in^2} + \frac{5}{8} \left( \sqrt{\left(6097 \frac{lbf}{in^2}\right)^2 + 4 * \left(18425 \frac{lbf}{in^2}\right)^2} \right)$$
$$\sigma_{co} = 25630 \frac{lbf}{in^2}$$

Por lo tanto, retomando la consideración  $cs = \sigma_e / \sigma_{co}$ , se obtiene el factor de seguridad del tornillo de potencia con la siguiente (Ecuación 9).

$$cs = \frac{\sigma_e}{\sigma_{co}} \quad (9)$$

$\sigma_e$ = esfuerzo de límite elástico del material tornillo ACME (Tabla 5), sección 4.2.1, simulación de análisis de esfuerzos en tornillo de potencia.

$\sigma_{co}$ = esfuerzo por par torsional obtenido por (Ecuación 8).

Sustituyendo:

$$\sigma_e = 31183 \text{ lbf/in}^2$$

$$\sigma_{co} = 25630 \text{ lbf/in}^2$$

$$cs = \frac{31183 \frac{lbf}{in^2}}{25630 \frac{lbf}{in^2}}$$

$$cs = 1.21$$

## 4.2 Normatividad de componentes

Con el factor de seguridad obtenido en la (Ecuación 9), podemos asegurar que el tornillo soporta el par torsional generado, por lo tanto, el diseño es óptimo al no sobrepasar el límite elástico del tornillo.

La norma DIN 6370 Dispositivos de Sujeción; Tornillos de banco para máquinas, capacidades, dimensiones de acoplamiento, variaciones permitidas, mordazas, estandariza todas características de un tornillo de banco, según el diseño creado para las maquinas didácticas se encuentra dentro de los parámetros por la fuerza obtenida en la (Ecuación 3).

Para la bancada de tornillo de potencia con un material aluminio 6061, establece como espesor 15 mm a 30 mm, por lo tanto, todo el diseño se encuentra dentro del parámetro, de igual manera para el elemento mordaza de avance del mismo material indica que el espesor de acuerdo a las dimensiones establecidas es de 10 mm a 20 mm y también se encuentra dentro del parámetro.

Para el elemento mordazas de apriete de un material nylon 6/6, por ser una prensa que no se somete a grandes cargas puede tener valores de espesor de 10 mm a 18 mm.

Todas las geometrías están diseñadas de acuerdo a la normatividad y se sometieron a un análisis de esfuerzos para comprobar que no pasaran a su región plástica esto se comprueba en la sección 4.2.

## 4.3 Simulación y análisis de esfuerzos en componentes de la prensa

### 4.3.1 Simulación y análisis de esfuerzos en tornillo de potencia.

La primera representación de las características físicas del elemento tornillo de potencia ACME, se pueden ver representadas en las características más relevantes como el material del cual va a ser fabricado, peso, área, volumen y centro de gravedad en sus tres ejes X, Y y Z, (ver Tabla 3).

Material	Acero inoxidable, pulido
Densidad	0.289018 lbmasa/in <sup>3</sup>
Masa	0.200766 lbmasa
Área	12.2308 in <sup>2</sup>
Volumen	0.694647 in <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-0.0000000897996 in y=-0.000000222889 in z=-2.8038 in

*Tabla 3. Propiedades físicas tornillo ACME.*

Una vez ya establecidas la mayoría de las variables para realizar el estudio de análisis de esfuerzos se presentan todas las propiedades mecánicas según el material establecido en su caso acero inoxidable pulido, ya que es importante saber también su límite elástico y no sobrepasar el límite elástico, (ver Tabla 4).

Nombre	Acero inoxidable, pulido	
General	Densidad de masa	0.289018 lbmasa/in <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	31183.1 lpc
	Resistencia máxima a tracción	73244.1 lpc
Tensión	Módulo de Young	28282.4 kpc
	Coefficiente de Poisson	0.29 su
	Módulo cortante	10962.2 kpc
Nombre(s) de pieza	Tornillo de potencia 7_16.ipt	

**Tabla 4. Materiales tornillo ACME.**

El ultimo parámetro establecido es el par torsional que fue obtenido en la (Ecuación 1) con una magnitud de 302.960lb\*in y se aplicó en el análisis de simulación de esfuerzos, se puede apreciar la magnitud aplicada en él eje Z, (ver Tabla 5).

Tipo de carga	Momento
Magnitud	302.960 librafuerza in
Vector X	0.000 librafuerza in
Vector Y	0.000 librafuerza in
Vector Z	302.960 librafuerza in

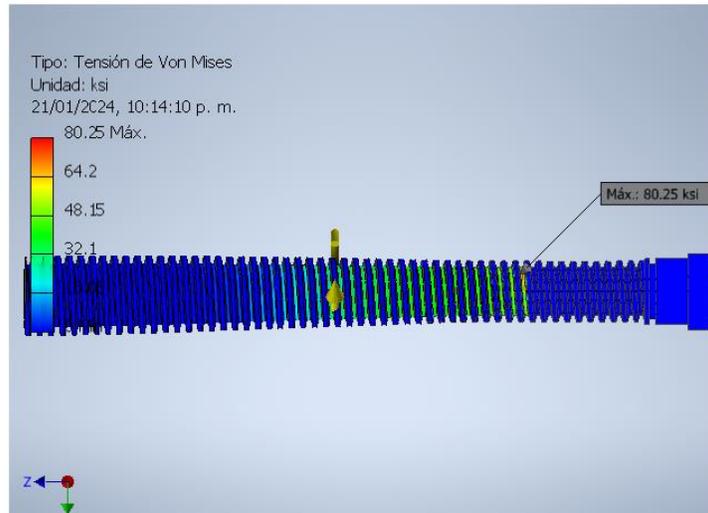
**Tabla 5. Par torsional tornillo ACME.**

El siguiente resumen del análisis de esfuerzos, muestra los puntos principales donde sufrirá la mayor cantidad de estrés se ven representados en tensión de Von Mises, primera tensión principal y tercera tensión principal, los tres puntos ya mencionados tienen valores de esfuerzos que son menores al límite elástico (ver Tabla 4), lo cual garantiza que este elemento no pasara a la zona plástica, también se otros caracteres como deformaciones en todos los planos, (ver Tabla 6).

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	0.694647 in <sup>3</sup>	
Masa	0.200766 lbmasa	
Tensión de Von Mises	0.000746645 kpc	80.2539 kpc
Primera tensión principal	-0.013116 kpc	44.8726 kpc
Tercera tensión principal	-48.634 kpc	2.39946 kpc
Desplazamiento	0 in	0.00764529 in
Coefficiente de seguridad	0.388556 su	15 su
Tensión XX	-17.9656 kpc	14.4133 kpc
Tensión XY	-14.6177 kpc	15.6341 kpc
Tensión XZ	-36.4272 kpc	41.4065 kpc
Tensión YY	-22.9211 kpc	25.1773 kpc
Tensión YZ	-38.8141 kpc	40.8663 kpc
Tensión ZZ	-6.13261 kpc	4.90714 kpc
Desplazamiento X	-0.00745191 in	0.00383723 in
Desplazamiento Y	-0.00460495 in	0.00634501 in
Desplazamiento Z	-0.00018793 in	0.000209354 in
Deformación equivalente	0.0000000232468 su	0.00244055 su
Primera deformación principal	0.0000000245735 su	0.00209106 su
Tercera deformación principal	-0.00213572 su	-0.000000012757 su
Deformación XX	-0.000790162 su	0.000648833 su
Deformación XY	-0.000666736 su	0.000713096 su
Deformación XZ	-0.0016615 su	0.00188861 su
Deformación YY	-0.000863365 su	0.000990335 su
Deformación YZ	-0.00177037 su	0.00186397 su
Deformación ZZ	-0.000282826 su	0.000170397 su
Presión de contacto	0 kpc	103.536 kpc
Presión de contacto X	-31.0085 kpc	41.4489 kpc
Presión de contacto Y	-39.8579 kpc	100.064 kpc
Presión de contacto Z	-6.80779 kpc	6.48054 kpc

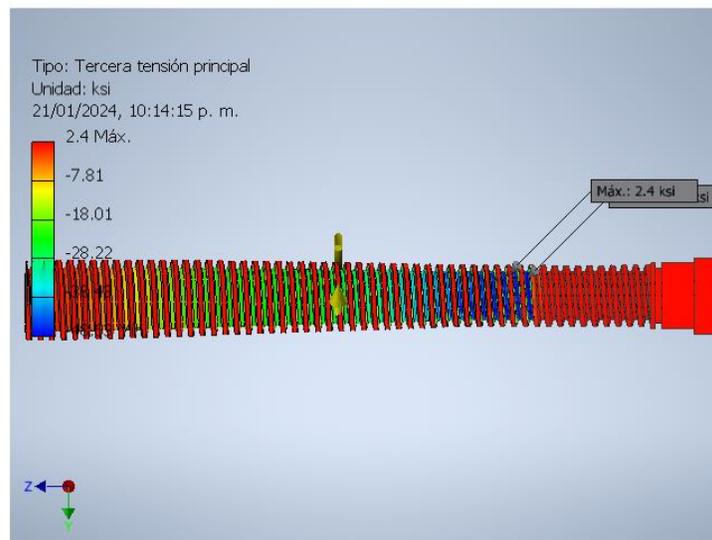
**Tabla 6. Resumen de resultados tornillo ACME.**

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la distorsión de materiales, se utiliza para analizar qué tan dúctil es un material, la representación que se obtiene por simulación, muestra una barra del lado derecho con una paleta de colores, con un calor naranja como el máximo esfuerzo y azul en su mínimo esfuerzo, como máximo esfuerzo se tiene una magnitud de 80.25 ksi y un mínimo esfuerzo de 0.00076 ksi, (ver Figura 23).



**Figura 23. Tensión de Von Mises tornillo ACME.**

La tercera tensión principal es el tercer punto donde el tornillo de potencia tiene la mayor cantidad de estrés en su caso las magnitudes son máximo esfuerzo 2.39 ksi y como mínimo esfuerzo -48.634 ksi, (ver Figura 24), los valores de esfuerzos también pueden ser visualizados en la (Tabla 7).



**Figura 24. Tercera tensión principal tornillo ACME.**

### 4.3.2 Simulación y análisis de esfuerzos de la bancada de la prensa de sujeción.

Todas las propiedades físicas representadas que indican los parámetros desde el material que está hecha la bancada de la prensa, densidad, masa, área, volumen y centro de gravedad, las unidades numéricas están representadas en la segunda columna, (ver Tabla 7).

Material	Aluminio 6061
Densidad	2.7 g/cm <sup>3</sup>
Masa	0.486809 kg
Área	48778 mm <sup>2</sup>
Volumen	180300 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-13.9723 mm y=0.0074617 mm z=20.4071 mm

*Tabla 7. Propiedades físicas bancada de prensa.*

Aplicando las restricciones de mallado antes de incluir la fuerza a la cual está sometido este elemento se ven representados automáticamente por el software de acuerdo a la geometría, (ver Tabla 8).

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

*Tabla 8. Configuración de malla bancada de prensa.*

Bajo las condiciones ya indicadas en los parámetros anteriores el análisis arroja todas las propiedades mecánicas del material aluminio 6061 del cual es de interés principal el límite de elasticidad que garantiza que este elemento no pasara al comportamiento plástico y tenga deformaciones permanentes, (ver Tabla 9).

Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2.7 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68.9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.33 su
	Módulo cortante	25.9023 GPa
Nombre(s) de pieza	Base Principal.ipt	

*Tabla 9. Materiales bancada de prensa.*

Con la fuerza obtenida de la resistencia del acrílico en la (Ecuación 3), se utilizó como parámetro para someter la bancada de prensa de sujeción a un esfuerzo de tensión el eje X convirtiendo 600 lbf a 2668.930 Newtons, (ver Tabla 10).

Tipo de carga	Fuerza
Magnitud	2668.930 N
Vector X	-2668.930 N
Vector Y	0.000 N
Vector Z	0.000 N

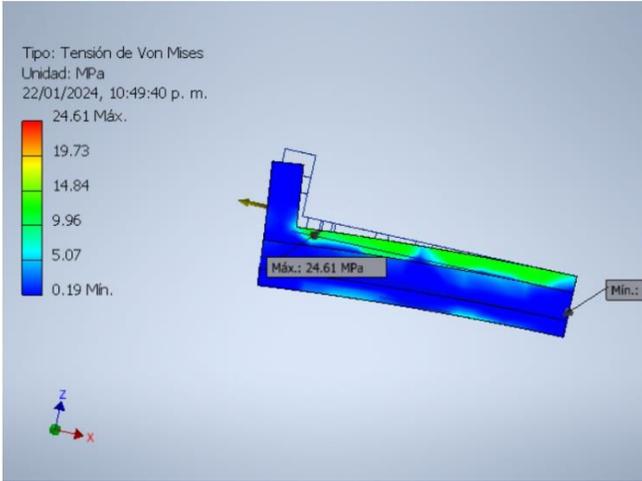
**Tabla 10. Fuerza de tensión bancada de prensa.**

El siguiente resumen de resultados por simulación de esfuerzos indica los esfuerzos principales donde tiene la mayor cantidad de estrés el elemento, así como las deformaciones en todos los planos, las magnitudes de esfuerzos máximos y mínimos están representados en la segunda y tercera columna, (ver Tabla 11).

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	180300 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.486809 kg	
Tensión de Von Mises	0.189347 MPa	24.6104 MPa
Primera tensión principal	-2.54336 MPa	25.4257 MPa
Tercera tensión principal	-15.1519 MPa	7.54979 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.150404 mm
Coefficiente de seguridad	11.1741 su	15 su
Tensión XX	-14.3948 MPa	24.5356 MPa
Tensión XY	-5.07381 MPa	5.01458 MPa
Tensión XZ	-8.50011 MPa	4.35129 MPa
Tensión YY	-10.3265 MPa	7.90819 MPa
Tensión YZ	-3.54841 MPa	3.14364 MPa
Tensión ZZ	-7.40313 MPa	15.3499 MPa
Desplazamiento X	-0.0839337 mm	0.0165968 mm
Desplazamiento Y	-0.00389161 mm	0.00407567 mm
Desplazamiento Z	-0.124894 mm	0.0000154308 mm
Deformación equivalente	0.00000243892 su	0.000322729 su
Primera deformación principal	0.000000119444 su	0.000360565 su
Tercera deformación principal	-0.000206919 su	-0.00000124695 su
Deformación XX	-0.00019697 su	0.000344123 su
Deformación XY	-0.0000979415 su	0.0000967981 su
Deformación XZ	-0.00016408 su	0.0000839945 su
Deformación YY	-0.000135691 su	0.0000857179 su
Deformación YZ	-0.0000684961 su	0.0000606827 su
Deformación ZZ	-0.000114526 su	0.000156028 su

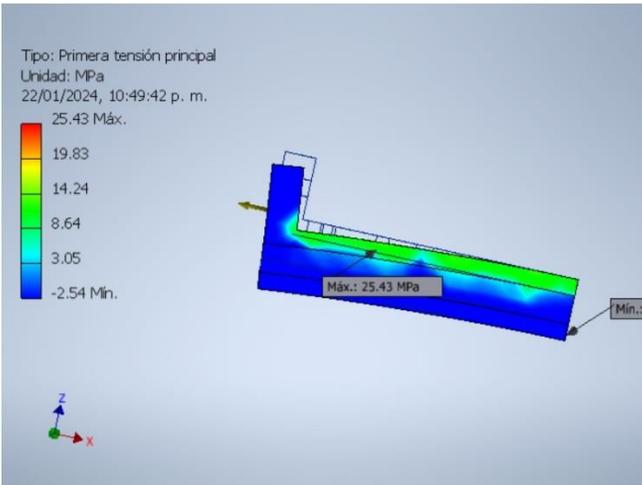
**Tabla 11. Resumen de resultados bancada de prensa.**

Como ya se mencionó la tensión de Von Mises es una presentación proporcional a la deformación del elemento, y sirve para analizar qué tan dúctil es un material, la bancada de prensa de igual manera tiene esfuerzos máximos y mínimos, se ven representados por etiquetas con una escala en una barra de colores del lado izquierdo con un color naranja y azul, como mayor y menor esfuerzo, 24.61 MPa como máximo esfuerzo y 0.19 MPa mínimo esfuerzo, estos valores no sobrepasan el límite de elasticidad en este elemento (ver Tabla 9) esto garantiza que el diseño soporta el esfuerzo sin pasar a su región plástica, (ver Figura 25).



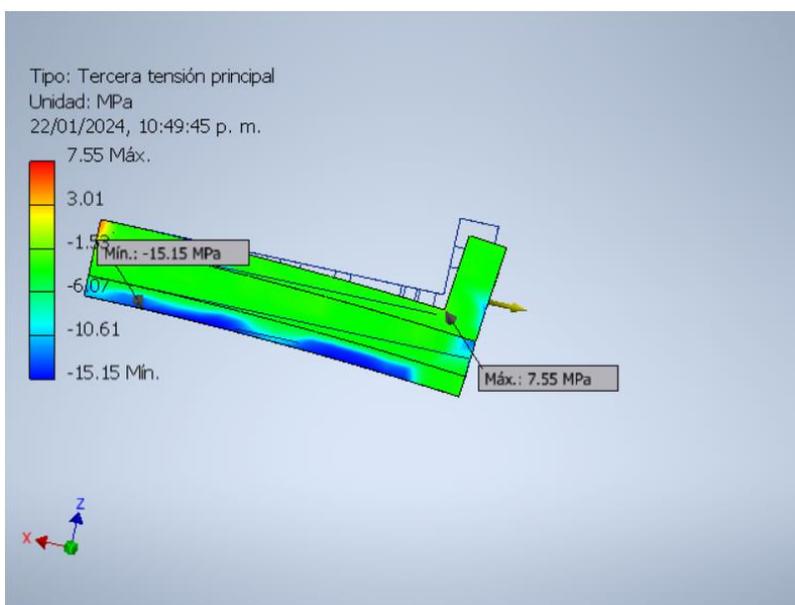
**Figura 25. Tensión de Von Mises bancada de prensa.**

El primer esfuerzo principal se ve etiquetado en los puntos críticos donde se encuentran los esfuerzos máximos y mínimos, con 25.43 MPa y -2.54 MPa respectivamente en ese orden, de igual manera no sobrepasan el límite de elasticidad de 275 MPa, lo cual garantiza un buen funcionamiento, (ver Figura 26).



**Figura 26. Primera tensión principal bancad de prensa.**

Tercera tensión principal como punto crítico donde tendrá una cantidad mayor estrés, este último punto de igual manera que los puntos anteriores este etiquetado con las magnitudes de mayor esfuerzo y menor esfuerzo, mayor esfuerzo 7.54 MPa, menor esfuerzo -15.15 MPa, todos estos valores también pueden visualizarse en la (Tabla 12), al igual que las demás tensiones los esfuerzos se encuentran por debajo del límite de elasticidad de 275 MPa, (ver Figura 27).



*Figura 27. Tercera tensión principal bancada de prensa.*

### 4.3.3 Simulación y análisis de esfuerzos de mordaza de avance.

Las propiedades físicas para el elemento mordaza de avance son los siguientes caracteres, primera columna material para el cual está considerado Aluminio 6061, Densidad, Masa, Área, Volumen y Centro de gravedad todos estos caracteres tienen un valor numérico que se puede visualizar en la segunda columna, (ver Tabla 12).

Material	Aluminio 6061
Densidad	2.7 g/cm <sup>3</sup>
Masa	0.0886494 kg
Área	9600.6 mm <sup>2</sup>
Volumen	32833.1 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-0.000000000344655 mm y=-6.56691 mm z=8.57029 mm

*Tabla 12. Propiedades físicas mordaza de avance.*

Con todas las características ya antes mencionadas para este elemento, se procede a establecer las últimas variables para el estudio de análisis de esfuerzos, como en los elementos anteriores, este paso genera en automático la malla según convenga en la geometría del elemento mordaza de avance, (ver Tabla 13).

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

**Tabla 13. Configuración de malla mordaza de avance.**

El estudio de análisis de esfuerzos brinda todas las propiedades mecánicas del elemento mordaza de avance, la característica de mayor valor para este estudio es el límite de elasticidad que garantiza que este elemento no falla y tiene un valor de 275 MPa, (ver Tabla 14).

Nombre	Aluminio 6061	
General	Densidad de masa	2.7 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	275 MPa
	Resistencia máxima a tracción	310 MPa
Tensión	Módulo de Young	68.9 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.33 su
	Módulo cortante	25.9023 GPa
Nombre(s) de pieza	Mordaza de Apriete.ipt1.ipt	

**Tabla 14. Materiales mordaza de avance.**

La magnitud de la fuerza de este elemento se considera que será en compresión, todos los elementos analizados son evaluados bajo la condición de esfuerzo máximo del acrílico el cual garantiza una buena sujeción, esta variable es la última que se necesita para que el software analizara el estudio, (ver Tabla 15).

Tipo de carga	Presión
Magnitud	0.003 MPa

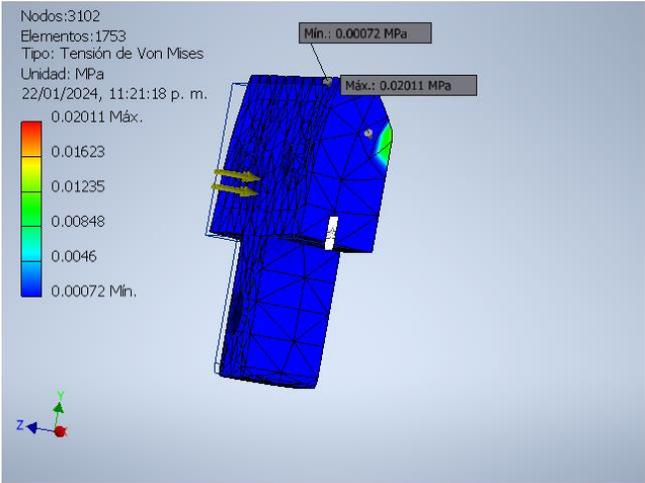
**Tabla 15. Fuerza de presión mordaza de avance.**

El resumen de resultados presentado indica tanto valores ya conocidos como propiedades físicas de la mordaza de avance y puntos principales donde el elemento sufre mayor estrés, los cuales son tensión de Von Mises, primera tensión principal y tercera tensión principal, estos puntos tienen valores numéricos de esfuerzos máximos y mínimos, también se presentan caracteres como desplazamientos en todos sus ejes, (ver Tabla 16).

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	32833.1 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.0886494 kg	
Tensión de Von Mises	0.000720921 MPa	0.0201069 MPa
Primera tensión principal	-0.00881876 MPa	0.00472213 MPa
Tercera tensión principal	-0.0265754 MPa	0.000572352 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.00000229164 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0.0110917 MPa	0.00257609 MPa
Tensión XY	-0.0015458 MPa	0.00162316 MPa
Tensión XZ	-0.00447269 MPa	0.00445631 MPa
Tensión YY	-0.010565 MPa	0.00472012 MPa
Tensión YZ	-0.00684649 MPa	0.00134226 MPa
Tensión ZZ	-0.0242211 MPa	0.00106491 MPa
Desplazamiento X	-0.000000320051 mm	0.000000318701 mm
Desplazamiento Y	-0.00000020494 mm	0.0000012262 mm
Desplazamiento Z	-0.00000193192 mm	0 mm
Deformación equivalente	0.0000000968387 su	0.000000275603 su
Primera deformación principal	-0.000000000316584 su	0.000000115022 su
Tercera deformación principal	-0.000000317628 su	-0.0000000723615 su
Deformación XX	-0.0000000305536 su	0.0000000536608 su
Deformación XY	-0.0000000298391 su	0.0000000313324 su
Deformación XZ	-0.0000000863379 su	0.0000000860216 su
Deformación YY	-0.0000000209049 su	0.0000000939882 su
Deformación YZ	-0.00000013216 su	0.0000000259102 su
Deformación ZZ	-0.000000272182 su	-0.00000000272865 su

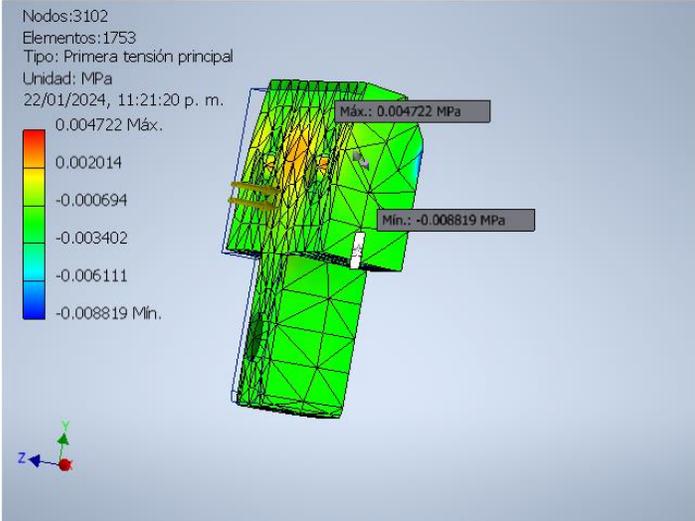
*Tabla 16. Resumen de resultados mordaza de avance.*

La tensión de Von Mises sirve para determinar estructuralmente qué tan dúctil es un material, se puede visualizar la mordaza de avance con diferentes colores estos colores representan de mayor a menor los puntos de estrés, del lado izquierdo se aprecia una barra de colores que va desde un naranja como máximos esfuerzos y azul en mínimos esfuerzos, también se encuentran etiquetados estos puntos. Máximo esfuerzo 0.02011 MPa y mínimo esfuerzo 0.00070 MPa estos esfuerzos no sobre pasan el valor de limite elástico de 275 MPa (ver Tabla 14), por lo tanto, se encuentra en la región elástica, (ver Figura 28).



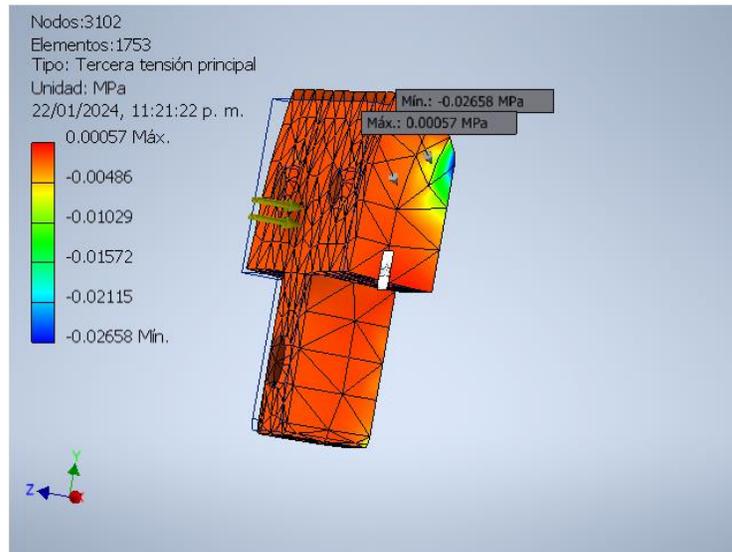
**Figura 28. Tensión de Von Mises mordaza de avance.**

La primera tensión principal es un punto crítico donde sufre mayor estrés la mordaza de avance de igual manera tenemos un esfuerzo máximo de 0.0047 MPa y en azul un esfuerzo mínimo de -0.0088 MPa, estos esfuerzos tampoco rebasan el límite de elasticidad de 275 MPa, entonces el diseño de este elemento es óptimo, (ver Figura 29).



**Figura 29. Primera tensión principal mordaza de avance.**

La tercera tensión principal denota un último punto crítico de estrés en la mordaza de avance, al igual que las demás tensiones se visualiza con distintos colores, todos los resultados también pueden ser apreciados en la (Tabla 29), los valores de esfuerzo también están etiquetados y señalados como un esfuerzo máximo de 0.00057 MPa y un esfuerzo mínimo de -0.0265 MPa, (ver Figura 30).



**Figura 30. Tercera tensión principal mordaza de avance.**

#### 4.3.4 Simulación y análisis de esfuerzos en mordazas.

El elemento mordaza se ve representado con todas las características para un material Nylon 6/6 los caracteres físicos son: Densidad, Masa, Área, Volumen y Centro de gravedad, todos estos caracteres tienen un valor numérico en una segunda columna, (ver Tabla 17).

Material	Nilón 6/6
Densidad	1.13 g/cm <sup>3</sup>
Masa	0.0226755 kg
Área	6397.59 mm <sup>2</sup>
Volumen	20066.8 mm <sup>3</sup>
Centro de gravedad	x=-0.000000000125701 mm y=-1.63255 mm z=5.75006 mm

**Tabla 17. Propiedades físicas mordazas.**

Ya establecidos los parámetros se procede a generar la malla para el análisis de esfuerzos esta malla se genera en automático por el software inventor, dependiendo la geometría del elemento mordaza, (ver Tabla 18).

Tamaño medio de elemento (fracción del diámetro del modelo)	0.1
Tamaño mínimo de elemento (fracción del tamaño medio)	0.2
Factor de modificación	1.5
Ángulo máximo de giro	60 gr
Crear elementos de malla curva	Sí

**Tabla 4. Configuración de malla mordazas.**

Ya establecidos todos los caracteres de malla por ende el software proporciona todas las propiedades mecánicas del elemento, el parámetro que tiene una mayor relevancia es el límite elástico con un valor de 82.75 MPa, el cual nos garantiza que no tendrá deformaciones permanentes el elemento mordaza, (ver Tabla 19).

Nombre	Nilón 6/6	
General	Densidad de masa	1.13 g/cm <sup>3</sup>
	Límite de elasticidad	82.75 MPa
	Resistencia máxima a tracción	82.68 MPa
Tensión	Módulo de Young	2.93 GPa
	Coefficiente de Poisson	0.35 su
	Módulo cortante	1.08519 GPa
Nombre(s) de pieza	Mordazas escalonadas.ipt	

**Tabla 5. Materiales mordazas.**

Este elemento también se considera que estará sometido a una fuerza de compresión y se aplicó una fuerza de 0.003 MPa en el eje X, (ver Tabla 20).

Tipo de carga	Presión
Magnitud	0.003 MPa

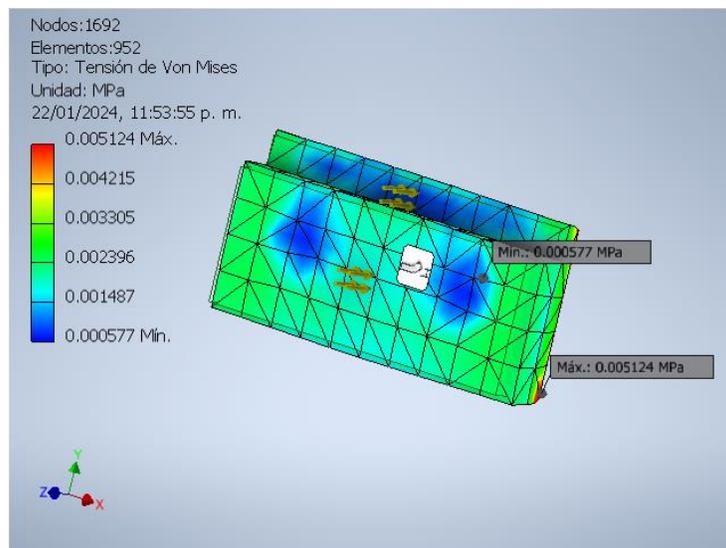
**Tabla 6. Fuerza de presión mordazas.**

Se representa un resumen de los resultados de la simulación de análisis de esfuerzos, proporciona los caracteres de las tres tensiones donde sufre mayor esfuerzo, tensión Von Mises, primera tensión principal y tercera tensión principal estos esfuerzos son de interés porque aseguran que el diseño es óptimo y no sobrepasan el valor de esfuerzo de límite elástico, también se presentará caracteres como las deformaciones en todos los ejes, (ver Tabla).

Nombre	Mínimo	Máximo
Volumen	20066.8 mm <sup>3</sup>	
Masa	0.0226755 kg	
Tensión de Von Mises	0.000577212 MPa	0.00512433 MPa
Primera tensión principal	-0.0022176 MPa	0.00206477 MPa
Tercera tensión principal	-0.00702764 MPa	0.000969494 MPa
Desplazamiento	0 mm	0.000014735 mm
Coefficiente de seguridad	15 su	15 su
Tensión XX	-0.00323583 MPa	0.00175654 MPa
Tensión XY	-0.000724568 MPa	0.000741207 MPa
Tensión XZ	-0.00184475 MPa	0.00195376 MPa
Tensión YY	-0.00323583 MPa	0.0020311 MPa
Tensión YZ	-0.00135733 MPa	0.00189461 MPa
Tensión ZZ	-0.00612012 MPa	0.00099071 MPa
Desplazamiento X	-0.00000638571 mm	0.0000063799 mm
Desplazamiento Y	-0.00000588231 mm	0.00000408971 mm
Desplazamiento Z	-0.0000123875 mm	0 mm
Deformación equivalente	0.000000235178 su	0.00000164718 su
Primera deformación principal	-0.0000000063382 su	0.000000746085 su
Tercera deformación principal	-0.00000191323 su	-0.0000000534729 su
Deformación XX	-0.000000117671 su	0.000000682685 su
Deformación XY	-0.000000333845 su	0.000000341512 su
Deformación XZ	-0.00000084997 su	0.000000900198 su
Deformación YY	-0.0000000587782 su	0.000000736214 su
Deformación YZ	-0.00000062539 su	0.000000872942 su
Deformación ZZ	-0.00000162212 su	-0.0000000257405 su

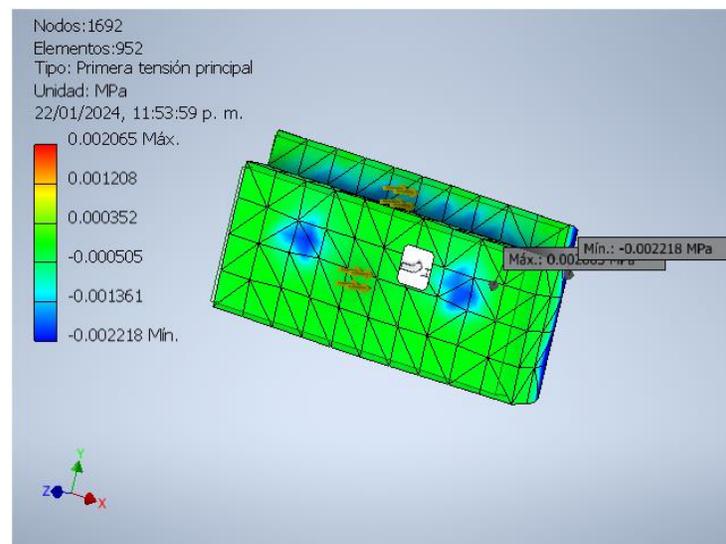
*Tabla 7. Resumen de resultados mordazas.*

La tensión de Von Mises indica estructuralmente que tal dúctil es un material, como se puede ver en el siguiente modelo de la mordaza se aprecia de distintos colores estos colores son una escala de esfuerzos, se pueden interpretar con la barra de colores del lado izquierdo que indica con un color naranja un máximo esfuerzo y un color azul como mínimo esfuerzo, este punto crítico esta etiquetado con un esfuerzo máximo de 0.0051 MPa y un mínimo de -0.00057 MPa, los valores de esfuerzos no sobrepasan al del límite elástico con un valor de 82.75 MPa por lo tanto se encuentra en la región elástico y el diseño es óptimo, (ver Figura 31).



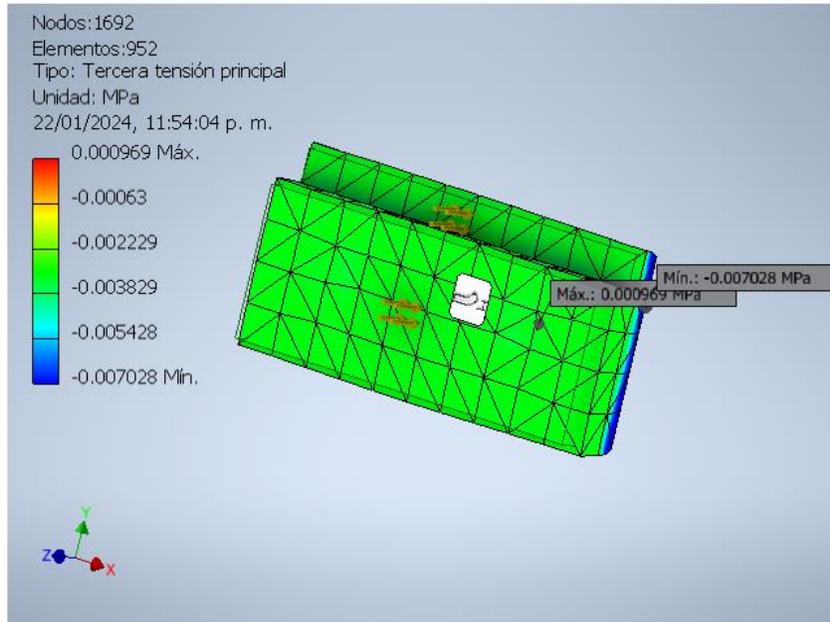
**Figura 31. Tensión de Von Mises mordazas.**

La primera tensión principal denota otro punto donde sufre mayor estrés la mordaza, el esfuerzo máximo es de 0.0020 MPa y el esfuerzo mínimo es de -0.0022 MPa, de igual manera estos esfuerzos no sobre pasan el límite elástico, (ver Figura 32).



**Figura 32. Primera tensión principal mordazas.**

La tercera tensión principal es el último punto crítico, estas tensiones se pueden visualizar en la (Tabla 21), los valores para el esfuerzo máximo son de 0.00096 MPa y un esfuerzo mínimo de 0.00702 MPa por lo tanto no supera el límite elástico, (ver Figura 33).



**Figura 33. Tercera tensión principal mordazas.**

#### 4.4 Análisis de fabricación

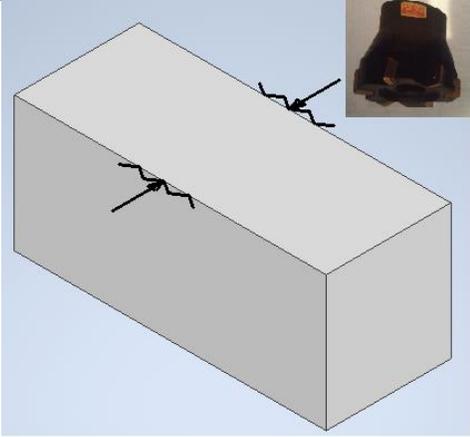
Para el análisis de fabricación se presenta simbología para diseño de montajes según la naturaleza de la superficie, esta simbología se utiliza para representar esquemas en las hojas de proceso de maquinados [17]. Ver Figura 34.

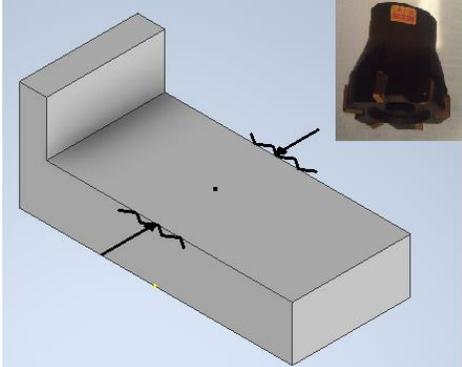
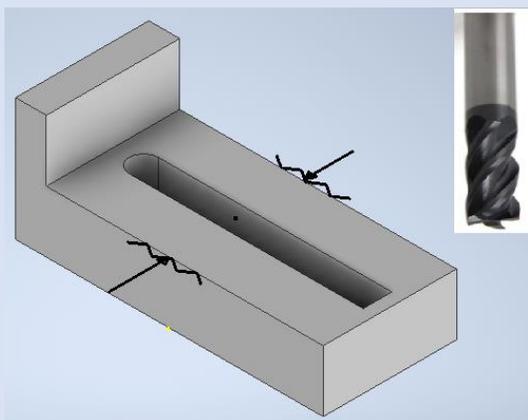
Naturaleza de la superficie	Contacto plano	Contacto estriado	Contacto abombado	Punto fijo	Punto giratorio	Bascolante	Contacto multiple	Plato	En "V"
Símbolo									

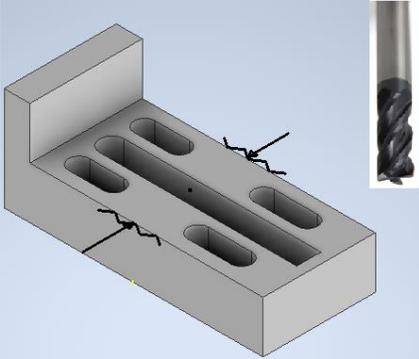
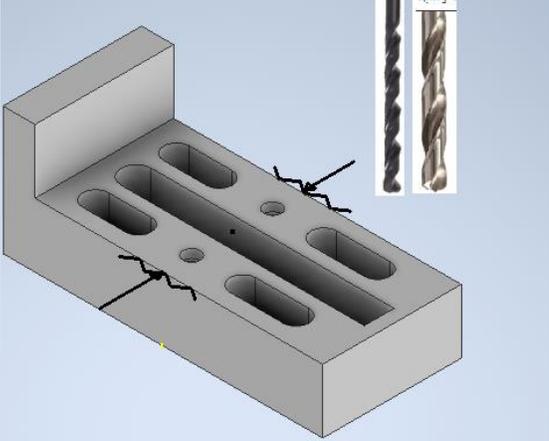
**Figura 34. Símbolos para diseño de montajes según la naturaleza de la superficie.**

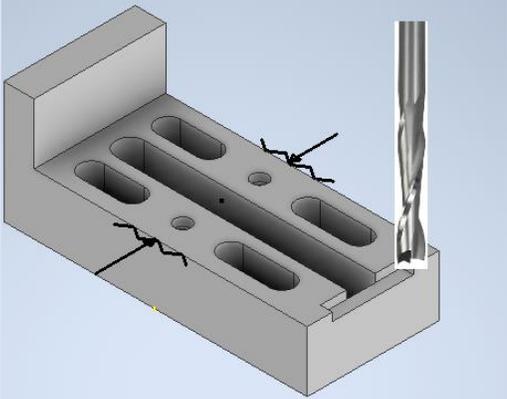
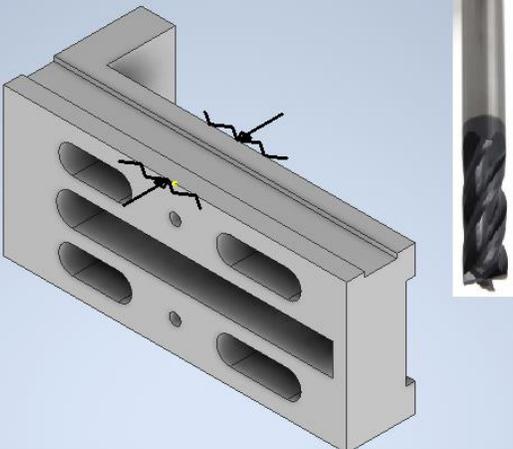
Para la conversión de herramientas se utilizaron dos tablas que se encuentran en la sección 9. Apéndices, estas tablas son de utilidad para la conversión de milímetros a decimas de pulgada para herramientas de corte, también se encuentra una para conocer que broca

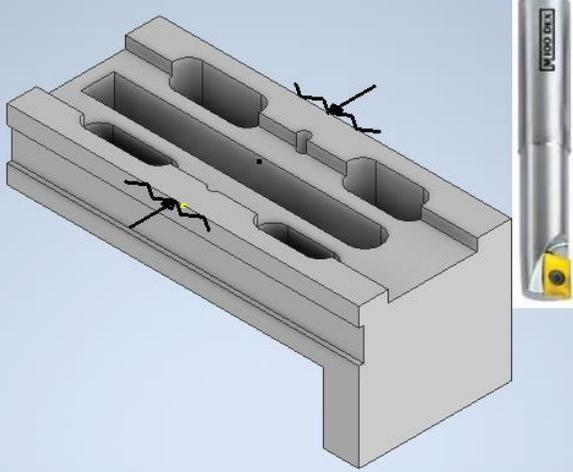
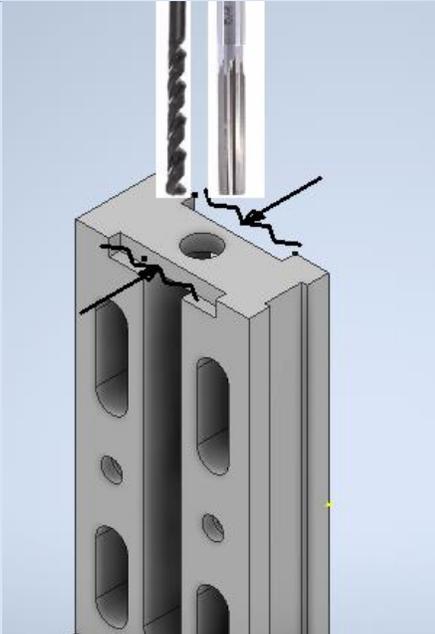
corresponde para determinado tipo de machuelo, estas tablas son empleadas en las hojas de proceso.

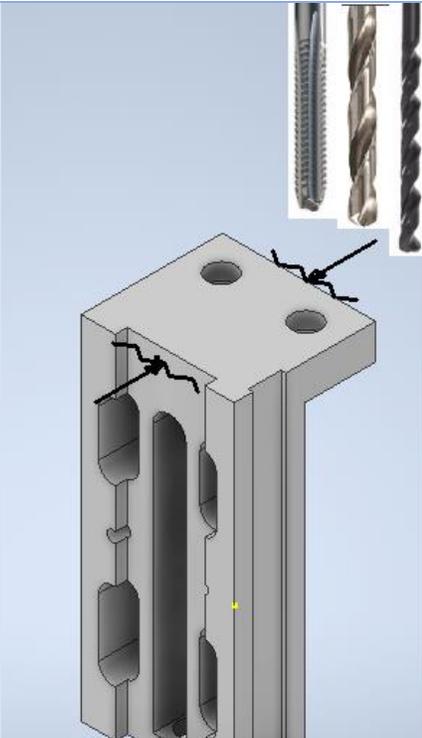
Hoja de Proceso			
Elemento de Fabricación: Pieza 1- Bancada Prensa de sujeción			
Fase		Fresadora	
Núm. Sub Fase	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte y elementos de sujeción y control	Observaciones
10		<p><b>Refrentado de 4mm</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresadora universal</li> <li>• Cortador tipo corona 3 in</li> <li>• Insertos de carburo para corona</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Pie de rey</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	<p>Refrentado de superficie -4 mm</p>
		<b>Superficie mm</b>	150x65
		<b>Avance mm/min</b>	7998
		<b>Velocidad de corte m/min</b>	600
		<b>N rpm</b>	2666
		<b>Refrigeración</b>	

20		<p><b>Desbaste de 31 mm</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresadora universal</li> <li>• Cortador tipo corona</li> <li>• Insertos de carburo</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Pie de rey</li> </ul>	
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<p><b>Superficie</b> mm</p>	135x65
		<p><b>Avance</b> mm/min</p>	3999
		<p><b>Velocidad de corte</b> m/min</p>	400
		<p><b>N</b> rpm</p>	1333
		<p><b>Refrigeración</b></p>	Taladrina
30		<p><b>Ranurado central</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Cortador vertical de 1/2 in, 4 gavilanes</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<p><b>Atravesado</b> mm</p>	30
		<p><b>Avance</b> mm/min</p>	4800
		<p><b>Velocidad de corte</b> m/min</p>	150
		<p><b>N</b> rpm</p>	4000
		<p><b>Refrigeración</b></p>	Taladrina

40		<b>Ranurados laterales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Cortador vertical 7/16 in, 4 gabilanes</li> <li>• Sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: Aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Atravesado</b> mm	30
		<b>Avance</b> mm/min	1645
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	150
		<b>N</b> rpm	1371
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
50		<b>Barrenado y caja</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Broca 13/64 in</li> <li>• Broca 21/64 in</li> <li>• Sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Atravesado y caja</b> mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30</li> <li>• 8</li> </ul>
		<b>Avance</b> mm/min	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2363</li> <li>• 1462</li> </ul>
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	120
		<b>N</b> rpm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2363</li> <li>• 1462</li> </ul>
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
60		<b>Ranurado frontal</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Cortador vertical 1/8 in</li> </ul>	

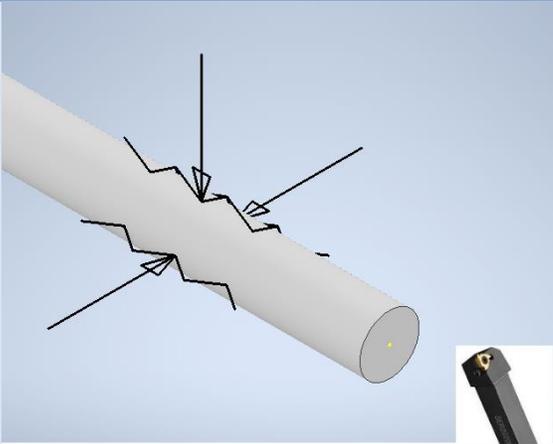
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Superficie</b> mm	6x40
		<b>Avance</b> mm/min	768
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	12
		<b>N</b> rpm	384
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
70		<b>Ranurados costados</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Cortador 9/16 in, de 4 gavilanes</li> <li>• Sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Superficie</b> mm	14x150
		<b>Avance</b> mm/min	2132
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	150
		<b>N</b> rpm	1066
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
80		<b>Ranurado de cara posterior</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Cortador vertical con insertos de carburo de 1 in</li> <li>• Sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Pie de rey</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	

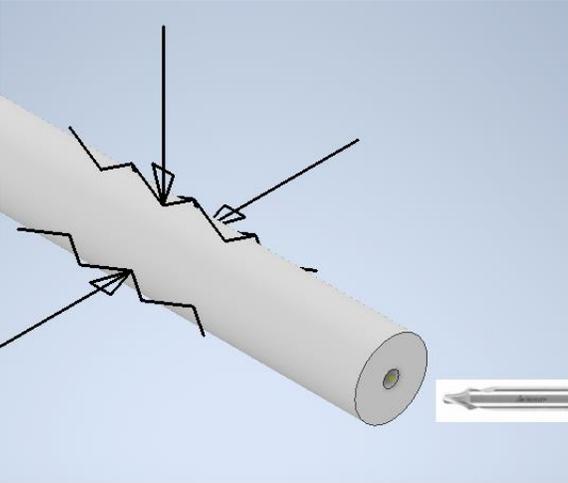
		<p><b>Superficie</b> mm</p> <p><b>Avance</b> mm/min</p> <p><b>Velocidad de corte</b> m/min</p> <p><b>N</b> rpm</p> <p><b>Refrigeración</b></p>	<p>40x150</p> <p>900</p> <p>150</p> <p>600</p> <p>Taladrina</p>
90		<p><b>Barrenado y rimado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Broca 15/32 in</li> <li>• Rima recta métrica 12 mm</li> <li>• Micrómetro de 0-1 in</li> <li>• Telescopio A</li> <li>• Sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul> <p><b>Atravesado</b> mm</p> <p><b>Avance</b> mm/min</p> <p><b>Velocidad de corte</b> m/min</p> <p><b>N</b> rpm</p> <p><b>Refrigeración</b></p>	<p></p> <p>6</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 256</li> <li>• 32</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 30</li> <li>• 20</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 256</li> <li>• 16</li> </ul> <p>Taladrina</p>
100		<p><b>Barrenado y machueleado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Broca 17/64 in</li> <li>• Machuelo M8 X1.25</li> <li>• Manteca de cerdo</li> <li>• Vernier</li> </ul>	

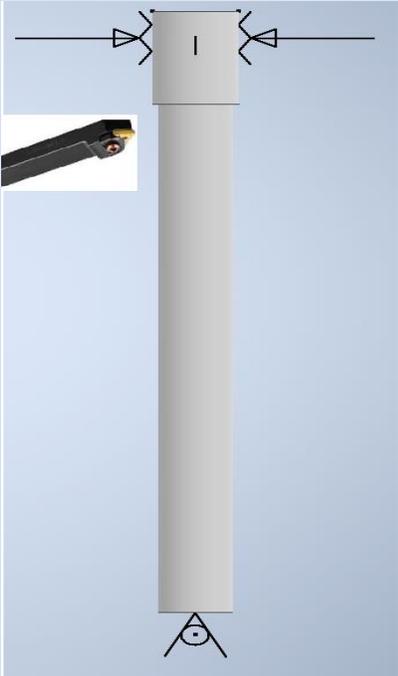
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
	<b>Atravesado</b> mm	15
	<b>Avance</b> mm/min	256
	<b>Velocidad de corte</b> m/min	30
	<b>N</b>	256
	<b>Refrigeración</b>	Taladrina

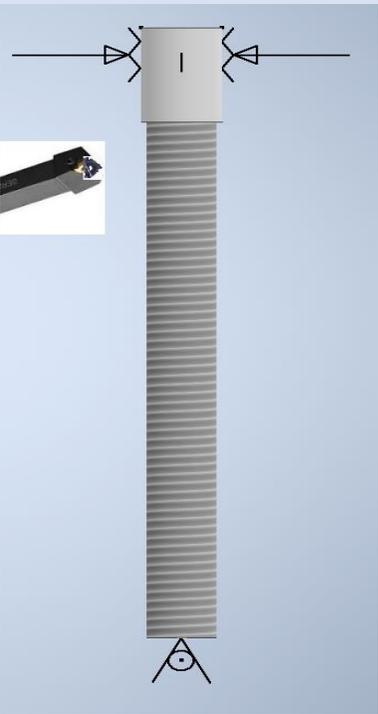
### Hoja de proceso

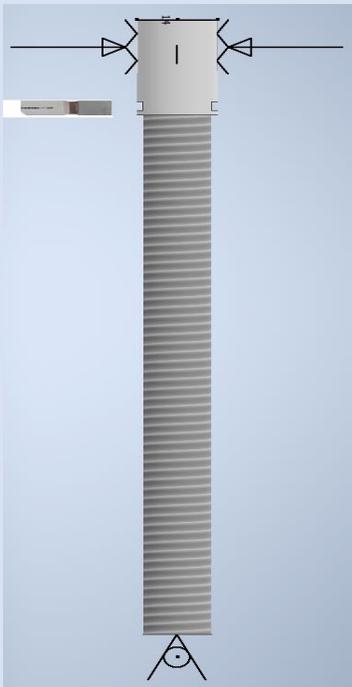
Elemento de Fabricación: Pieza 2- Tornillo ACME 7/16

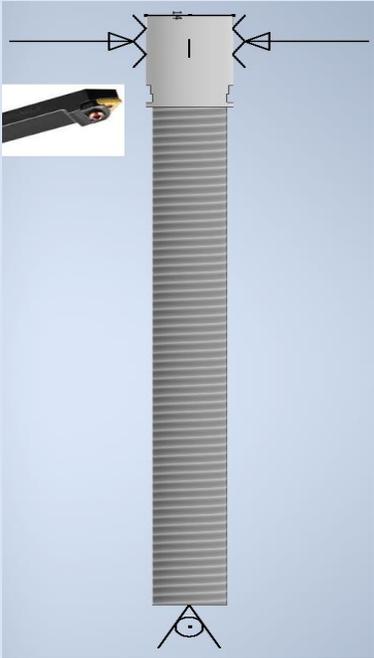
Fase		Torno	
Núm. Sub fase	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte y elementos de sujeción y control	Observaciones
10		<b>Refrentado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno</li> <li>• Porta insertos MTGN</li> <li>• Pie de rey</li> <li>• Chuck auto centrante</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b> mm	15.875
		<b>Avance</b> mm/min	432
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	27
		<b>N</b> rpm	541

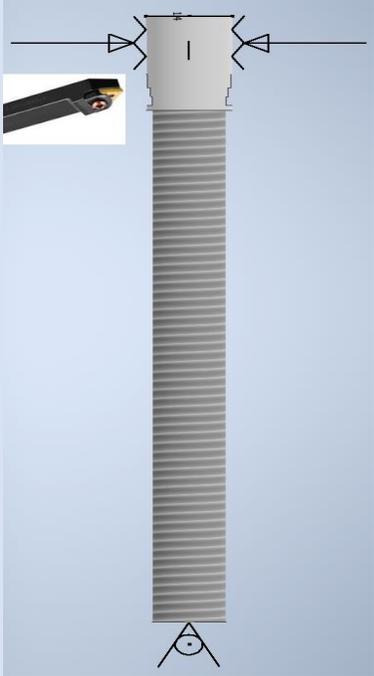
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
20		<b>Barrenado de centros</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno horizontal</li> <li>• Broca de centros del número 5</li> <li>• Chuck auto centrante</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b> mm	15.875
		<b>Avance</b> mm/min	432
		<b>Velocidad</b> m/min	27
		N rpm	541
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
30		<b>Desbaste</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno horizontal</li> <li>• Chuck auto-centrante</li> <li>• Contrapunto giratorio</li> <li>• Micrómetro de 0 a 1 in</li> <li>• Porta insertos MTGN</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b> mm	12
		<b>Avance</b> mm/min	572
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	27
		N rpm	716

		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
40		<b>Roscado ACME</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno horizontal</li> <li>• Chuck auto-centrante</li> <li>• Contra punto giratorio</li> <li>• Porta insertos</li> <li>• Inserto carburo roscado exterior ACME 7/16</li> <li>• Gage roscas ACME</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b> mm	12
		<b>Avance</b> mm/min	119
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	9
		<b>N</b>	238

		rpm	
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
50		<b>Ranurado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno horizontal</li> <li>• Chuck auto-centrante</li> <li>• Contrapunto giratorio</li> <li>• Porta buriles</li> <li>• Buril cuadrado afilado a 1.25mm</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b> mm	10
		<b>Avance</b> mm/min	763
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	30

		<b>N</b> rpm	954
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
60		<b>Cilindrado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno horizontal</li> <li>• Chuck auto-centrante</li> <li>• Contrapunto giratorio</li> <li>• Porta insertos MTGN</li> <li>• Micrómetro de 0 a 1 in</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b> mm	12
		<b>Avance</b> mm/min	636
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	30
		<b>N</b>	795

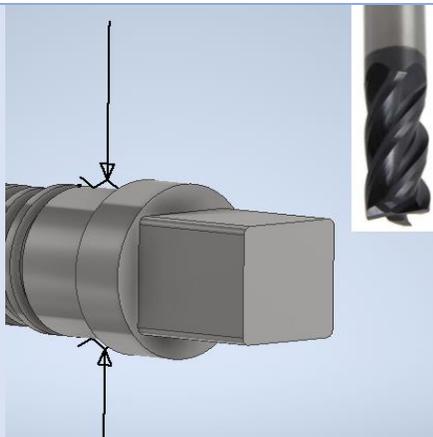
		rpm	
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
70		<b>Cilindrado 2</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torno horizontal</li> <li>• Chuck auto-centrante</li> <li>• Contrapunto giratorio</li> <li>• Porta insertos MTGN</li> <li>• Micrómetro de 0 a 1 in</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Diámetro</b>	14
		<b>Avance</b>	545
		<b>Velocidad de corte</b>	30
		N	682

		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
--	--	----------------------	-----------

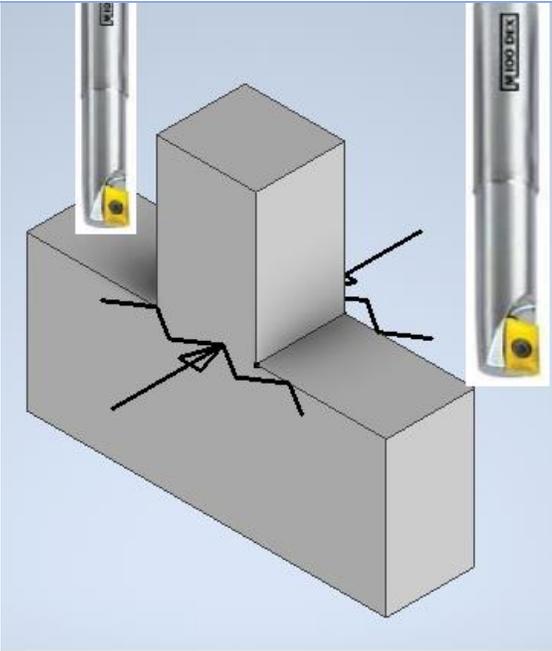
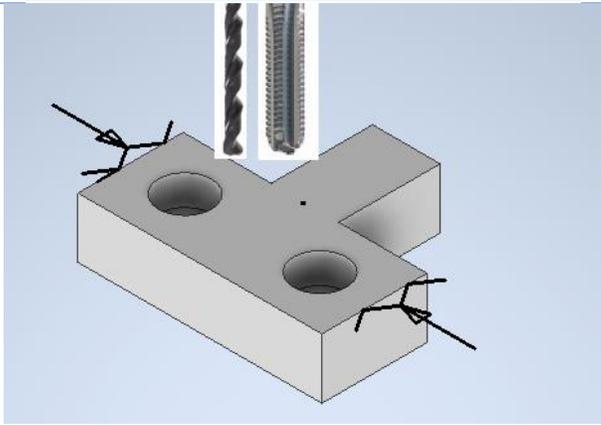
**Hoja de proceso**

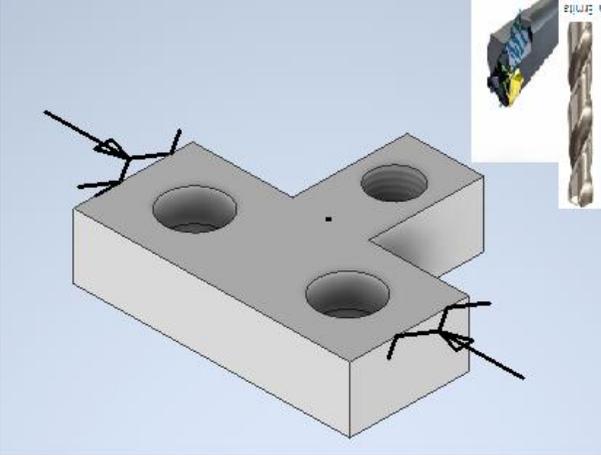
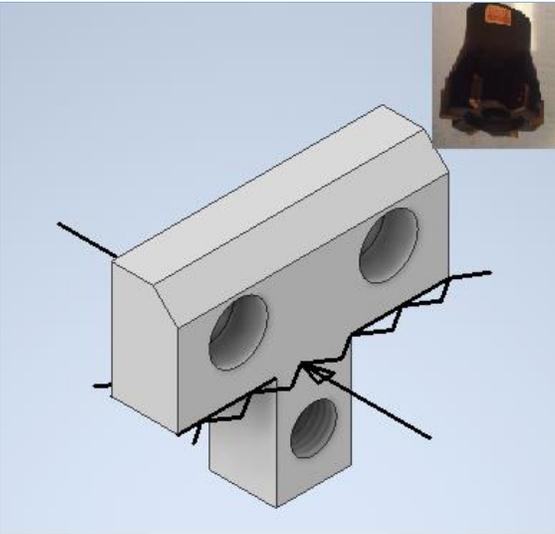
**Elemento de Fabricación: Pieza 2- Tornillo ACME 7/16**

<b>Fase</b>		<b>Fresadora</b>	
<b>Núm. Sub fase</b>	<b>Esquema explicativo</b>	<b>Máquinas, herramientas de corte y elementos de sujeción y control</b>	<b>Observaciones</b>
10		<b>Formado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa Universal</li> <li>• Cortador vertical 1/2 in de 4 gavilanes</li> <li>• Cabezal divisor de precisión</li> <li>• Vernier</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	

	<b>Superficie</b> mm	9.5x10
	<b>Avance</b> mm/min	336
	<b>Velocidad de corte</b> m/min	21
	<b>N</b> rpm	168
	<b>Refrigeración</b>	Taladrina

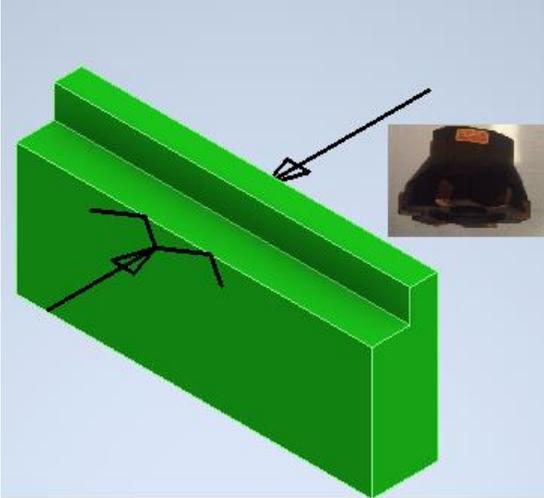
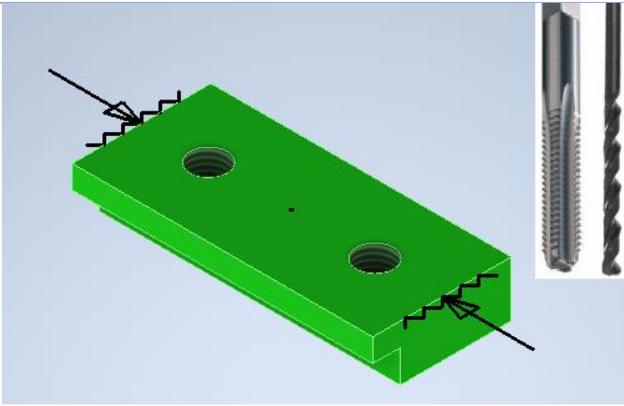
Hoja de proceso			
Elemento de Fabricación: Pieza 3- Mordaza de avance			
Fase		Fresadora	
Núm. Sub fase	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte y elementos de sujeción y control	Observaciones
10		<b>Desbaste</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Cortador vertical de insertos de 1 in</li> <li>• Vernier</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Superficie</b> mm	23.5x16
		<b>Avance</b> mm/min	6000
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	300
		<b>N</b> rpm	4000

		<b>Refrigeración</b>	Taladrina										
20		<b>Barrenado y machueado</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Broca 17/64</li> <li>• Machuelo M8X 1.25</li> <li>• Vernier</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="927 1289 1240 1367"> <b>Atravesado</b> mm         </td> <td data-bbox="1240 1289 1502 1367">           16         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="927 1367 1240 1444"> <b>Avance</b> mm/min         </td> <td data-bbox="1240 1367 1502 1444">           256         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="927 1444 1240 1522"> <b>Velocidad de corte</b> m/min         </td> <td data-bbox="1240 1444 1502 1522">           30         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="927 1522 1240 1591"> <b>N</b> rpm         </td> <td data-bbox="1240 1522 1502 1591">           256         </td> </tr> <tr> <td data-bbox="927 1591 1240 1640"> <b>Refrigeración</b> </td> <td data-bbox="1240 1591 1502 1640">           Taladrina         </td> </tr> </table>	<b>Atravesado</b> mm	16	<b>Avance</b> mm/min	256	<b>Velocidad de corte</b> m/min	30	<b>N</b> rpm	256	<b>Refrigeración</b>	Taladrina
<b>Atravesado</b> mm	16												
<b>Avance</b> mm/min	256												
<b>Velocidad de corte</b> m/min	30												
<b>N</b> rpm	256												
<b>Refrigeración</b>	Taladrina												
30		<b>Barrenado central roscado interno ACME</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Broca milimétrica 10</li> </ul>											

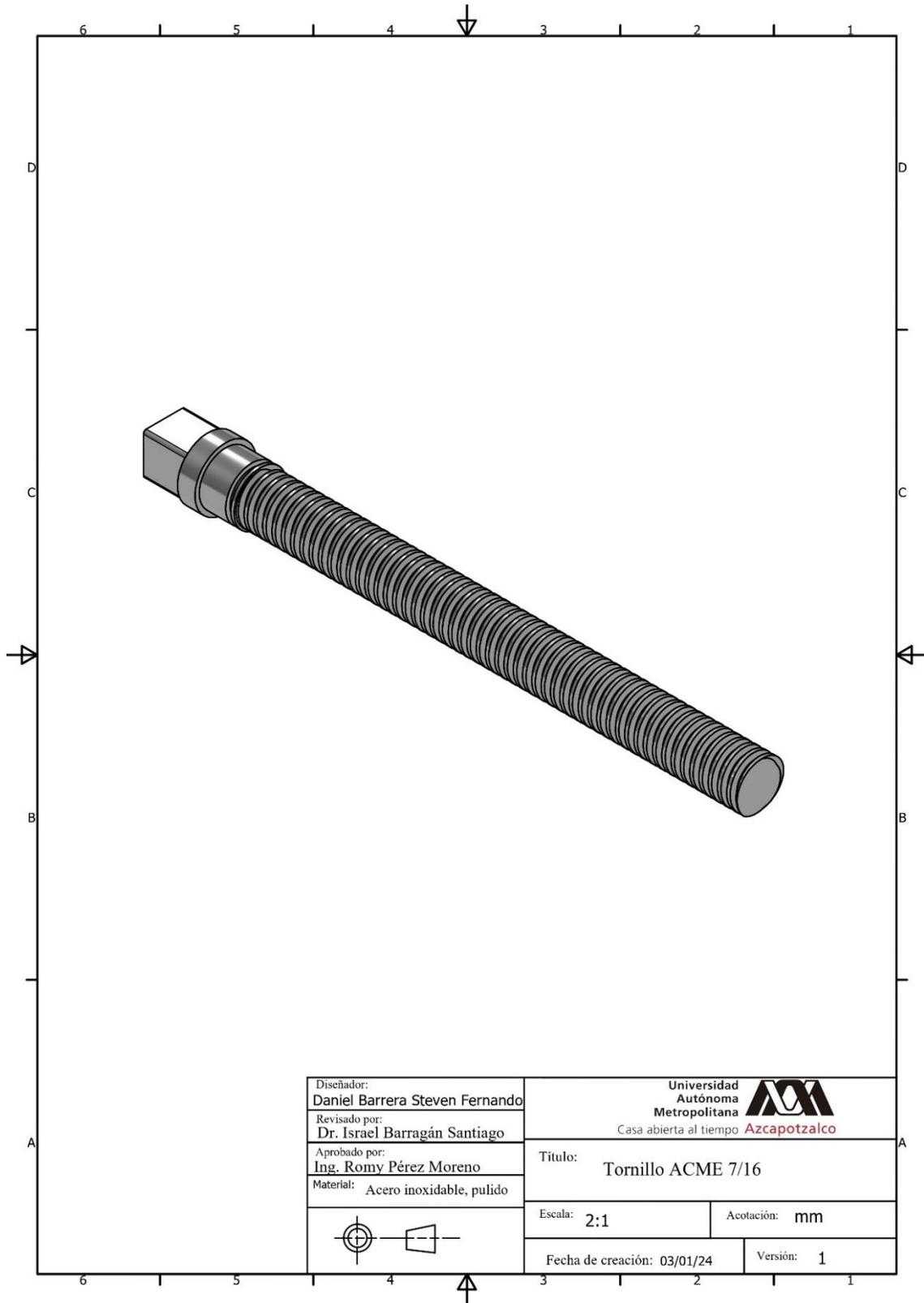
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Barra de mandrinado para insertos</li> <li>• Inserto de carburo cuerda interna 7/16</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Atravesado</b> mm	16
		<b>Avance</b> mm/min	119
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	11
		<b>N</b> rpm	238
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
40		<b>Chaflan</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresadora universal</li> <li>• Cortador tipo corona 3 in</li> <li>• Vernier</li> <li>• Sujeción tipo prensa</li> <li>• Cabezal husillo 45 grados</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Superficie</b> mm	11.31x25
		<b>Avance</b> mm/min	1200
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	300
		<b>N</b> rpm	400
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina

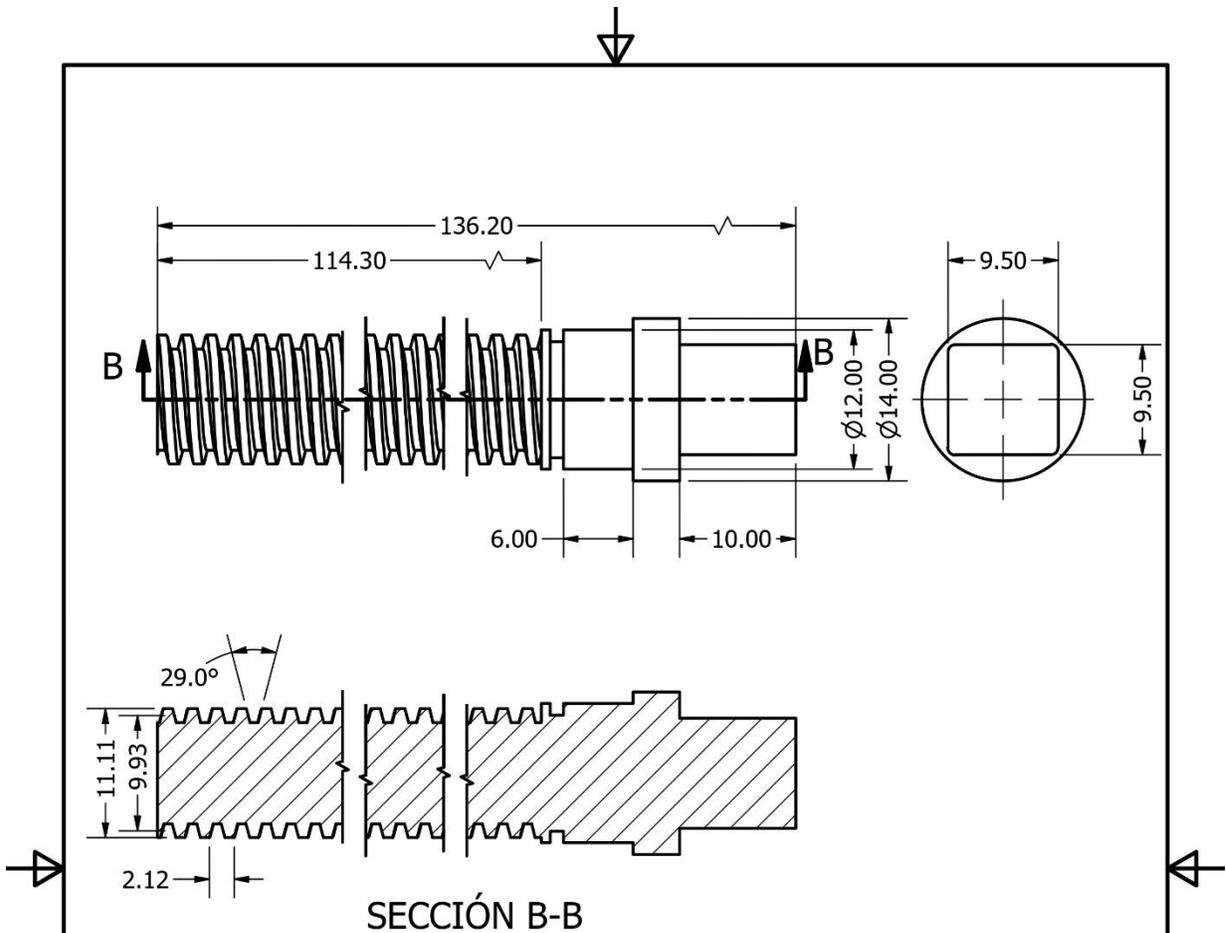
## Hoja de proceso

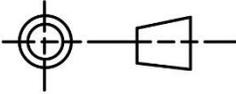
### Elemento de Fabricación: Pieza 4- Mordazas

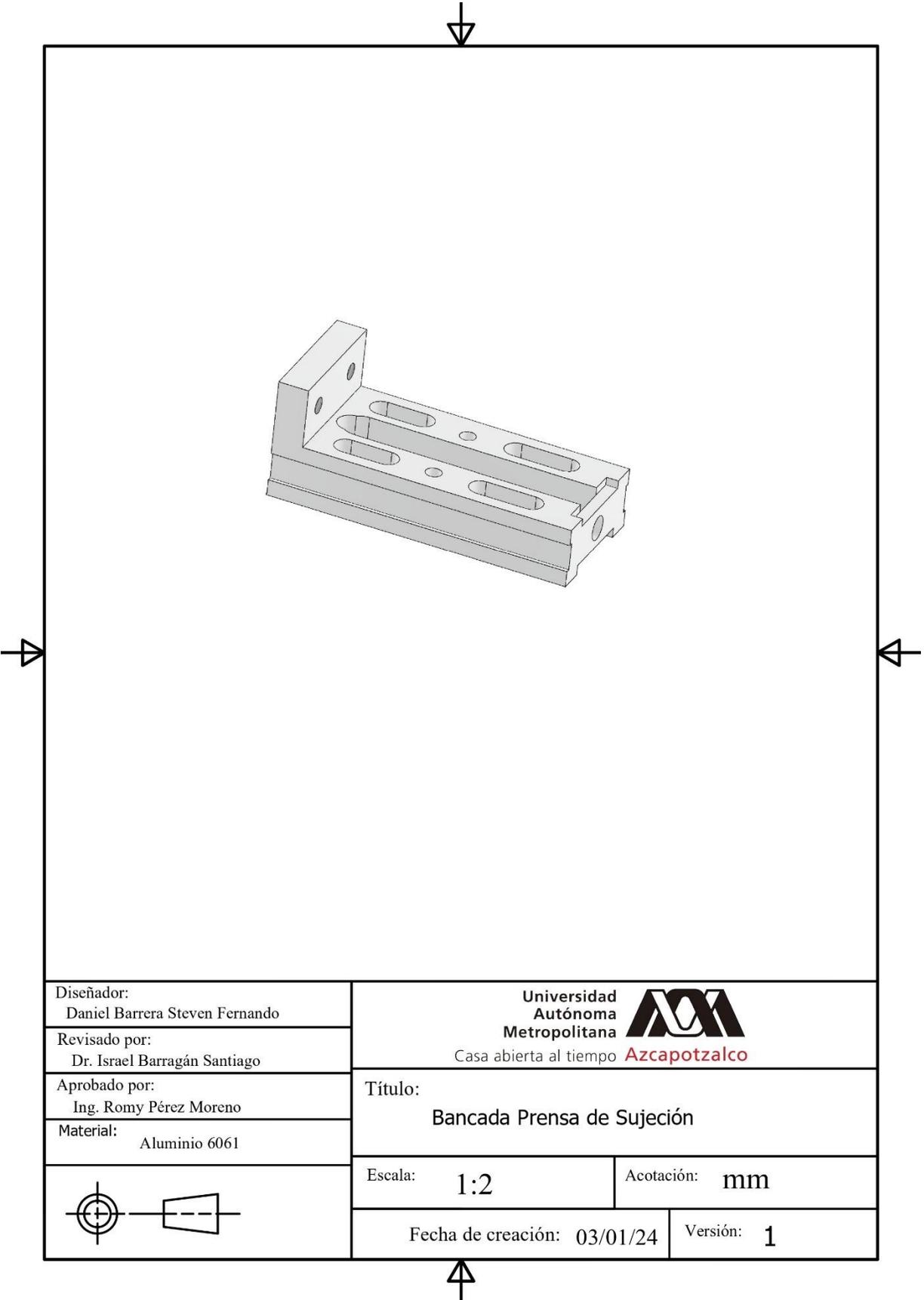
Fase		Fresadora	
Núm. Sub fase	Esquema explicativo	Máquinas, herramientas de corte y elementos de sujeción y control	Observaciones
10		<p><b>Desbaste</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresadora universal</li> <li>• Cortador tipo corona de insertos 3 in</li> <li>• Vernier</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa</li> <li>• Refrigerante: Soluble</li> </ul>	
		<b>Superficie</b> mm	7x65
		<b>Avance</b> mm/min	39.9
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	9
		<b>N</b> rpm	133
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina
20		<p><b>Barrenado y machueado</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fresa universal</li> <li>• Broca 17/64 in</li> <li>• Machuelo M8 X1.25</li> <li>• Manteca de cerdo</li> <li>• Vernier</li> <li>• Sistema de sujeción tipo prensa universal</li> <li>• Refrigerante: aceites minerales sulfurados</li> </ul>	
		<b>Barreno</b> mm	6
		<b>Avance</b> mm/min	45
		<b>Velocidad de corte</b> m/min	30
		<b>N</b> rpm	451
		<b>Refrigeración</b>	Taladrina

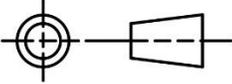
## 5. Resultados.

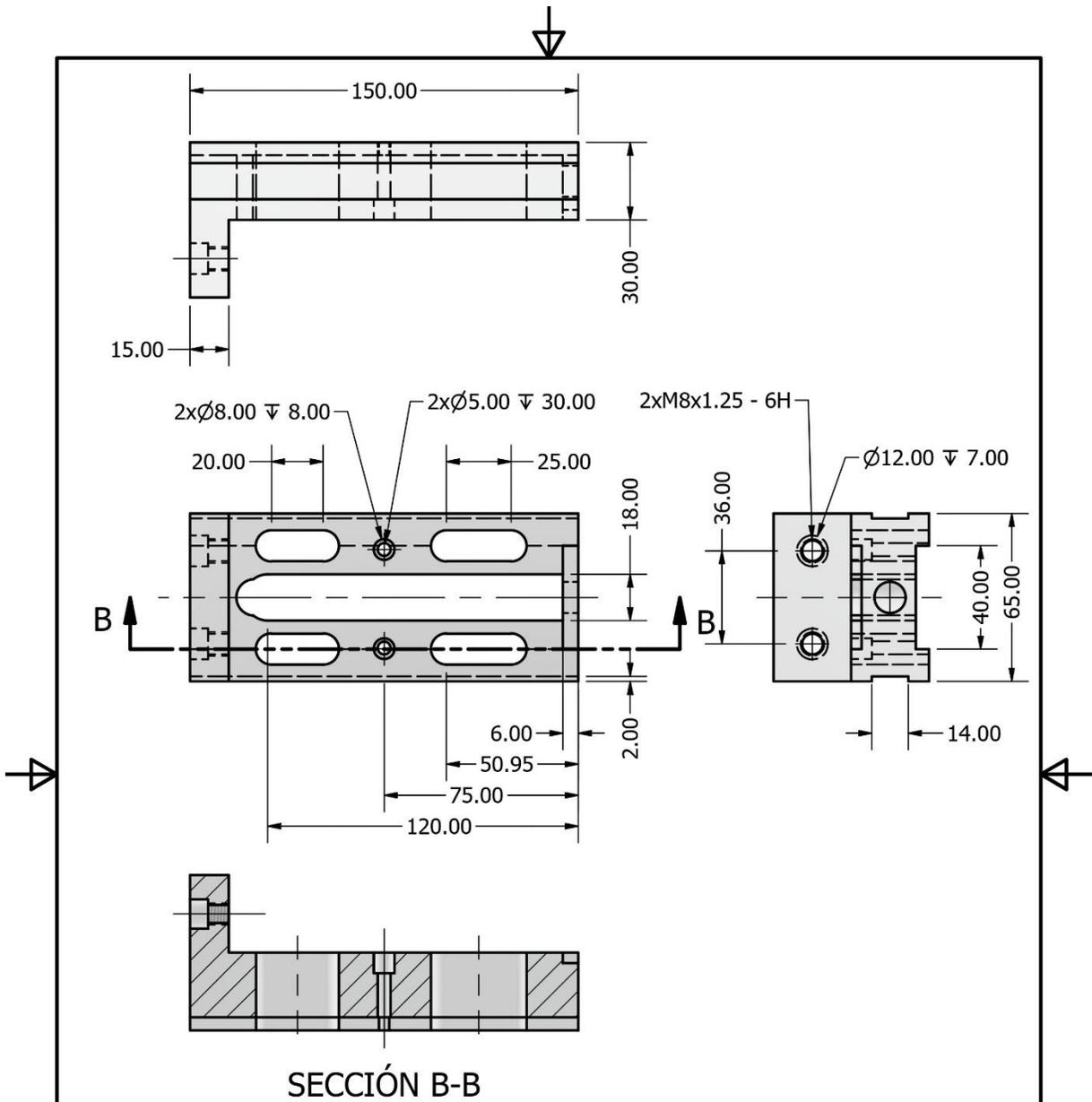




Diseñador: <b>Daniel Barrera Steven Fernando</b>	Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo  <b>Azcapotzalco</b>	
Revisado por: <b>Dr. Israel Barragán Santiago</b>	Título: <b>Tornillo ACME 7/16</b>	
Aprobado por: <b>Ing. Romy Pérez Moreno</b>	Escala: <b>2:1</b> Acotación: <b>mm</b>	
Material: <b>Acero Templado</b>	Fecha de creación: <b>03/01/24</b> Versión: <b>1</b>	
		

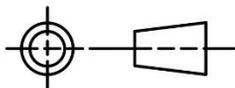


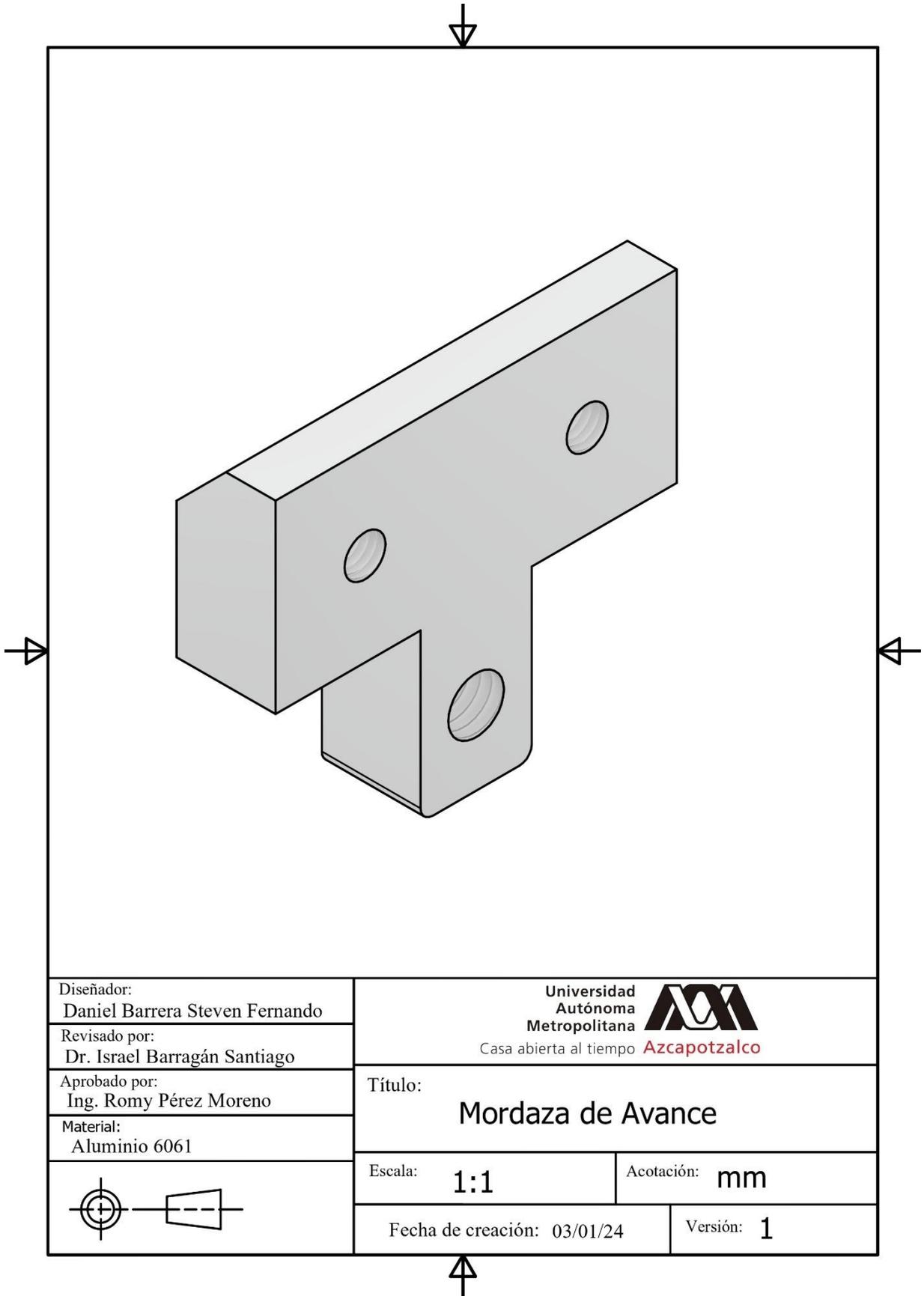
Diseñador: Daniel Barrera Steven Fernando	Universidad Autónoma Metropolitana  Casa abierta al tiempo <b>Azcapotzalco</b>	
Revisado por: Dr. Israel Barragán Santiago		
Aprobado por: Ing. Romy Pérez Moreno	Título: Bancada Prensa de Sujeción	
Material: Aluminio 6061	Escala: 1:2	Acotación: mm
	Fecha de creación: 03/01/24	Versión: 1



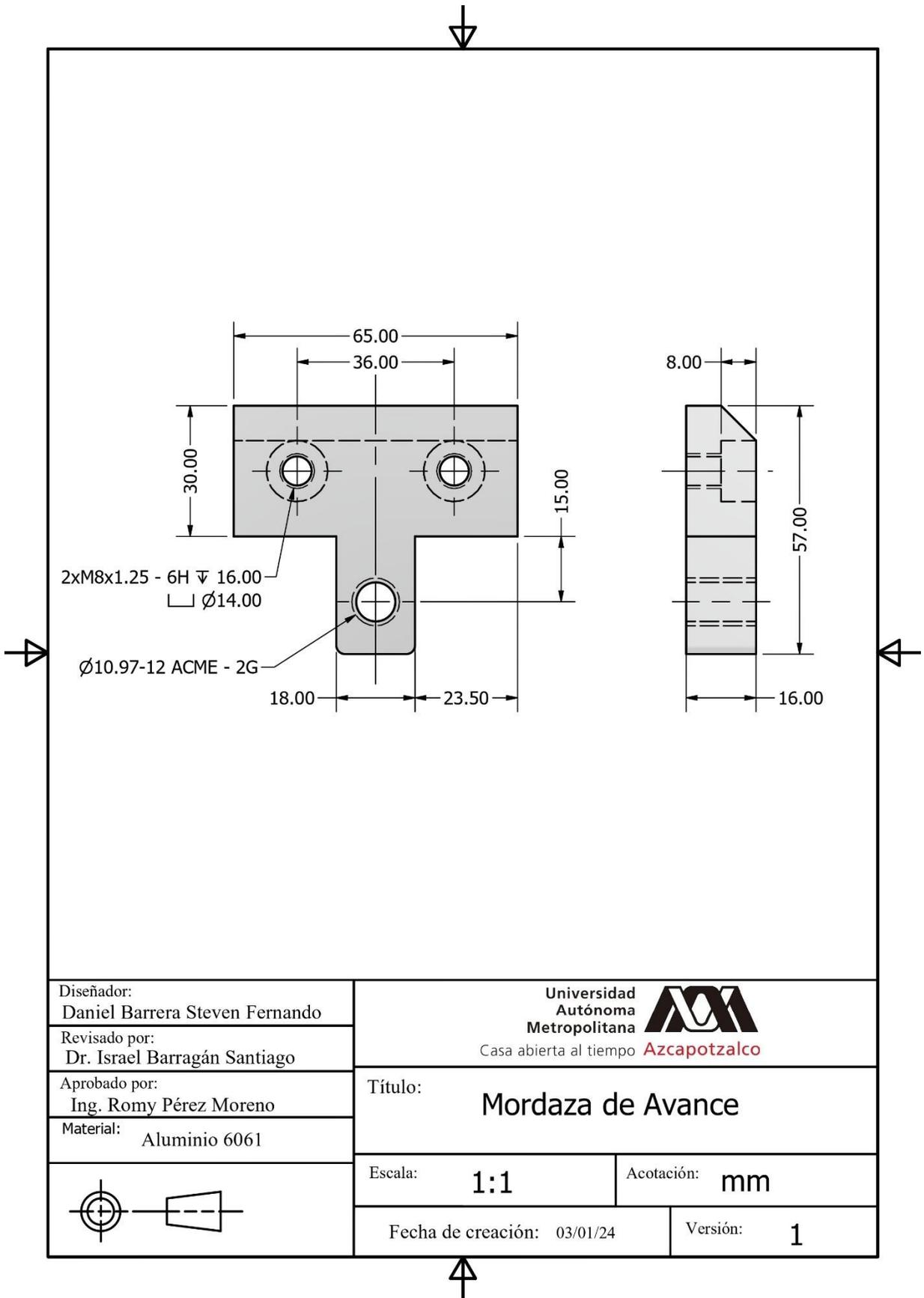
SECCIÓN B-B

Diseñador: Daniel Barrera Steven Fernando	Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo <b>Azcapotzalco</b>	
Revisado por: Dr. Israel Barragán Santiago	Título: "Bancada Prensa de Sujeción"	
Aprobado por: Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: 1:2	Acotación: mm
Material: Aluminio 6061	Fecha de creación: 03/01/24	Versión: 1





Diseñador: Daniel Barrera Steven Fernando	Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo <b>Azcapotzalco</b>	
Revisado por: Dr. Israel Barragán Santiago	Título: <b>Mordaza de Avance</b>	
Aprobado por: Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: <b>1:1</b>	Acotación: <b>mm</b>
Material: Aluminio 6061	Fecha de creación: 03/01/24	Versión: <b>1</b>



Diseñador:  
Daniel Barrera Steven Fernando

Revisado por:  
Dr. Israel Barragán Santiago

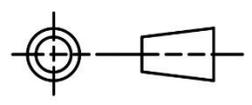
Aprobado por:  
Ing. Romy Pérez Moreno

Material: Aluminio 6061

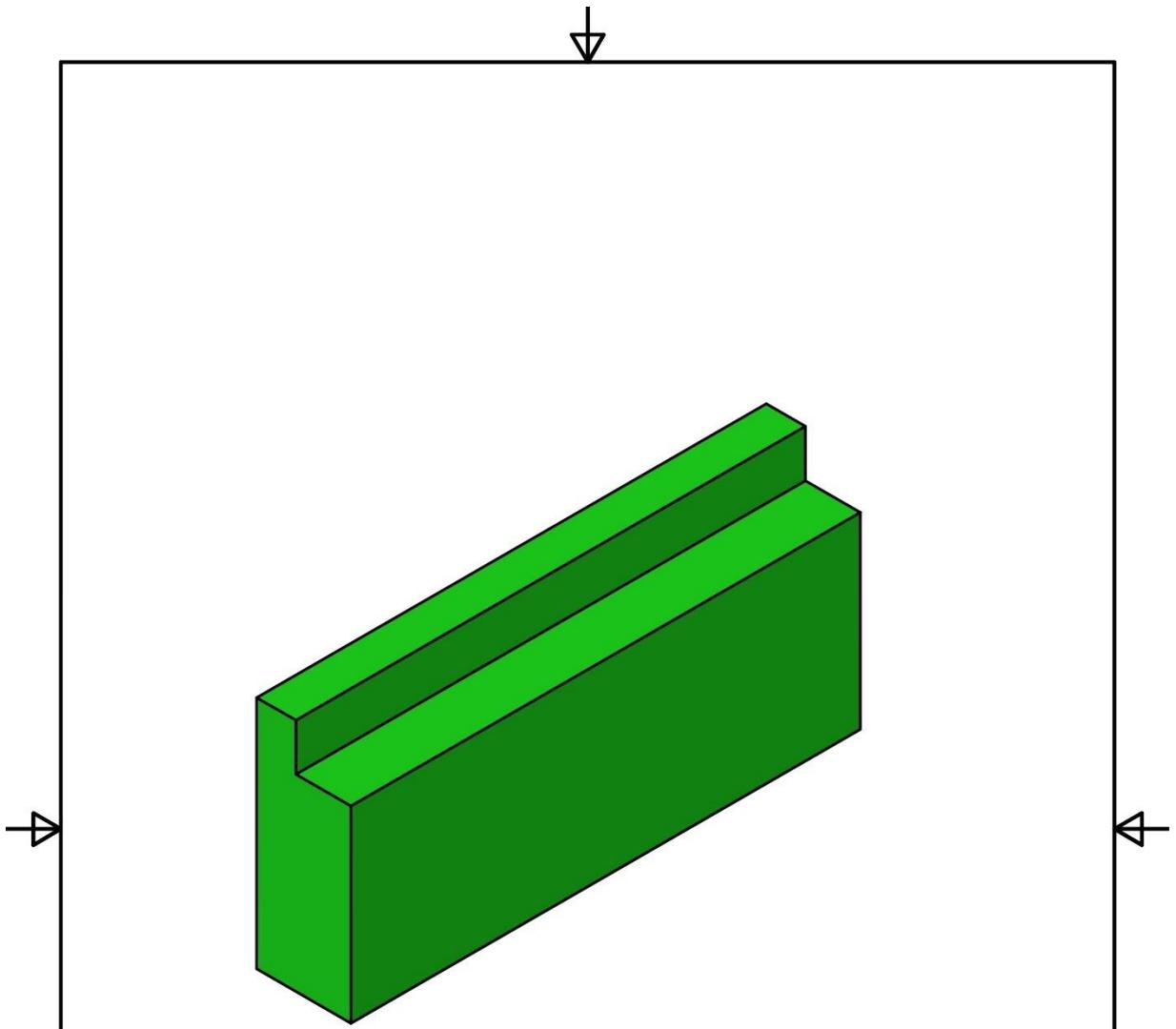
Universidad Autónoma Metropolitana  
Casa abierta al tiempo **Azacapotzalco**

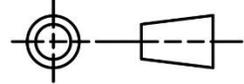
Título: **Mordaza de Avance**

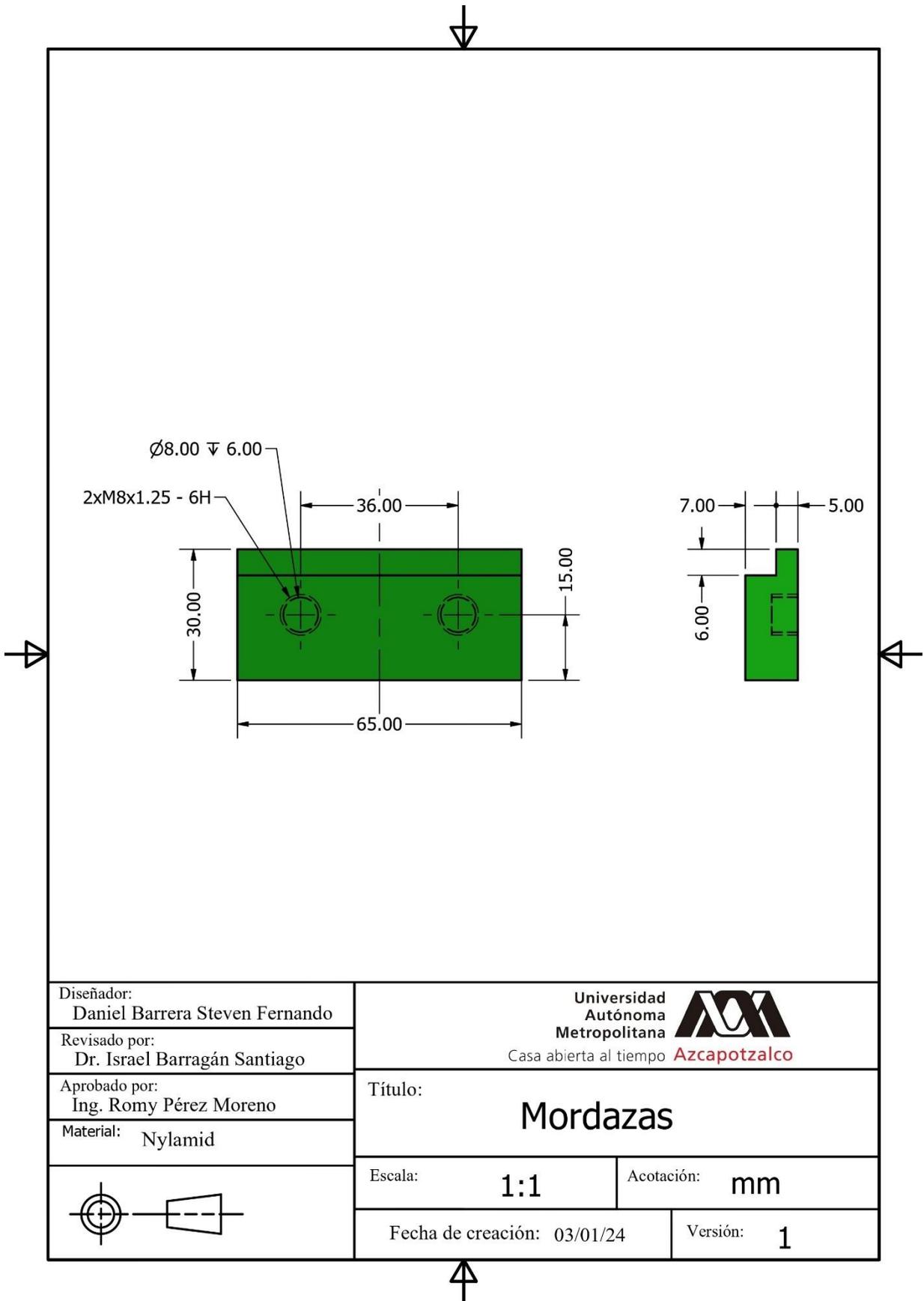
Escala: **1:1**      Acotación: **mm**



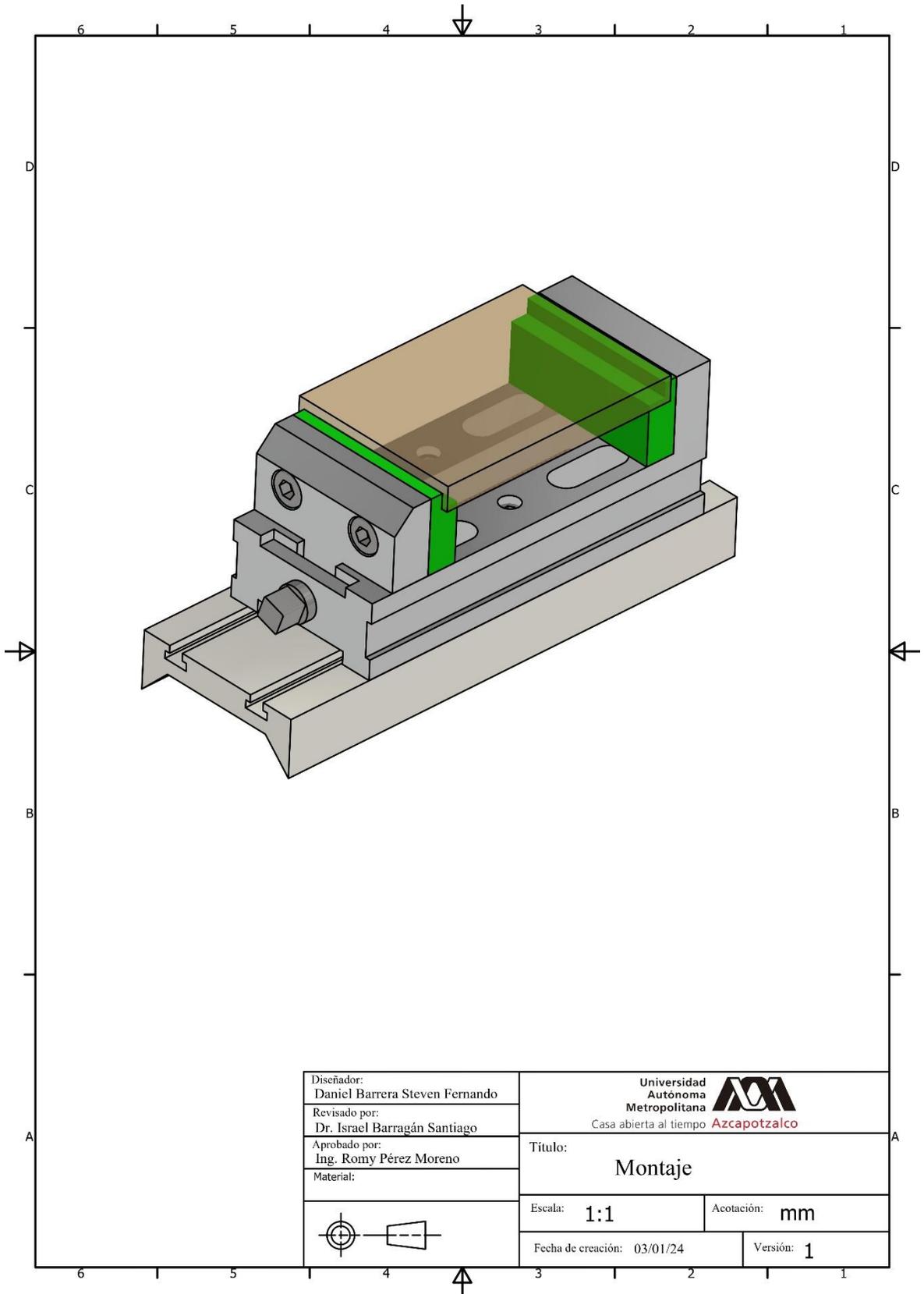
Fecha de creación: 03/01/24      Versión: **1**



Diseñador: Daniel Barrera Steven Fernando	Universidad Autónoma Metropolitana  Casa abierta al tiempo <b>Azcapotzalco</b>	
Revisado por: Dr. Israel Barragán Santiago	Título: <b>Mordazas Isometrico</b>	
Aprobado por: Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: <b>1:1</b> Acotación: <b>mm</b>	
Material: Nylamid	Fecha de creación: 03/01/24      Versión: <b>1</b>	
		



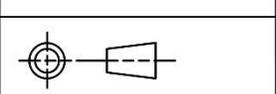
Diseñador: Daniel Barrera Steven Fernando	Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo <b>Azcapotzalco</b>	
Revisado por: Dr. Israel Barragán Santiago	Título: <h1>Mordazas</h1>	
Aprobado por: Ing. Romy Pérez Moreno	Escala: <b>1:1</b>	Acotación: <b>mm</b>
Material: Nylamid	Fecha de creación: 03/01/24	Versión: <b>1</b>



Diseñador:  
 Daniel Barrera Steven Fernando  
 Revisado por:  
 Dr. Israel Barragán Santiago  
 Aprobado por:  
 Ing. Romy Pérez Moreno  
 Material:

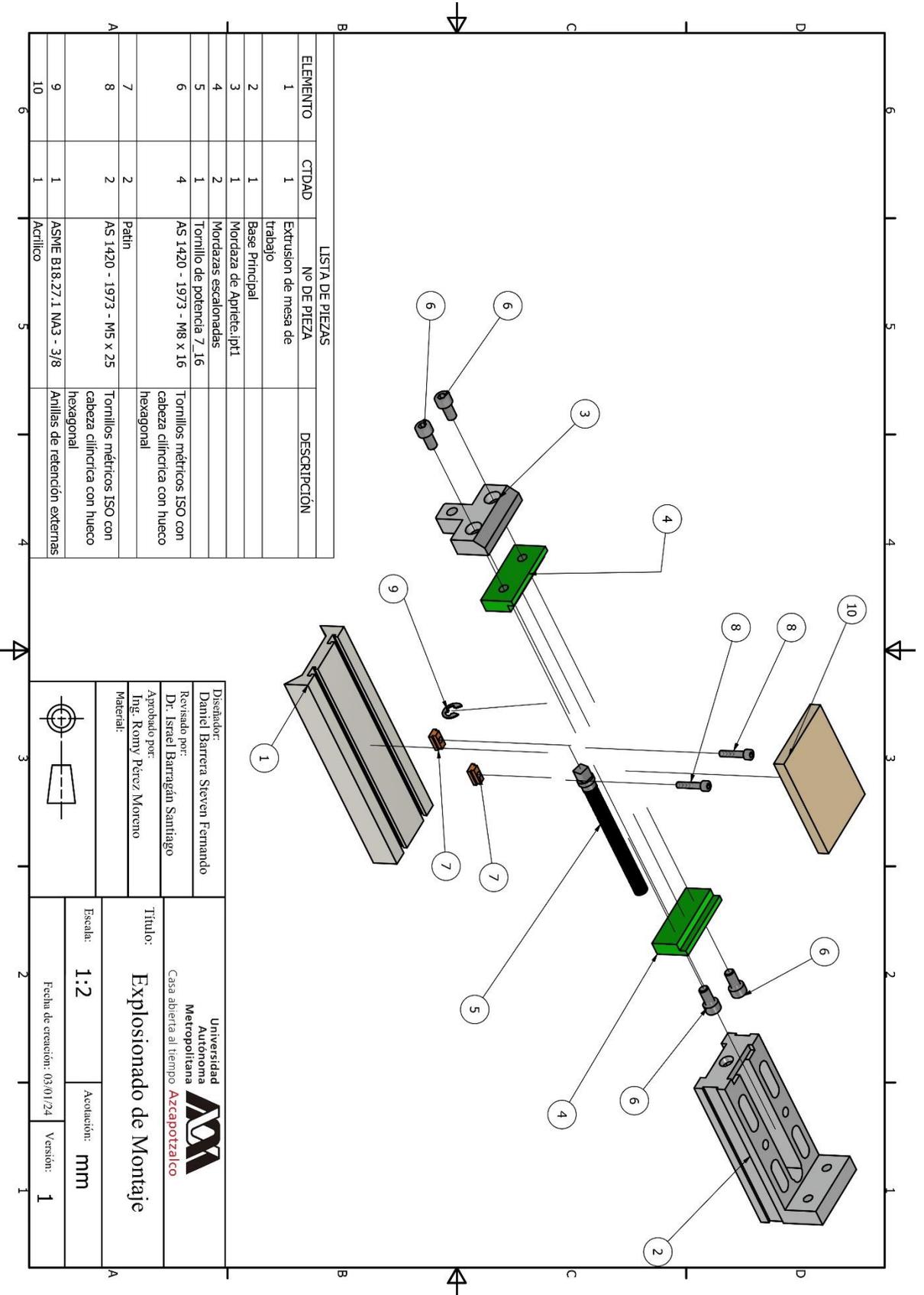
Universidad Autónoma Metropolitana  
 Casa abierta al tiempo **Azacapotzalco**

Título:  
**Montaje**



Escala: **1:1**      Acotación: **mm**

Fecha de creación: 03/01/24      Versión: **1**



LISTA DE PIEZAS

ELEMENTO	CTIDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Extrusion de mesa de trabajo	
2	1	Base Principal	
3	1	Mordaza de Apriete: IPT1	
4	2	Mordazas escalonadas	
5	1	Tornillo de potencia 7_16	
6	4	AS 1420 - 1973 - M8 x 16	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
7	2	Patín	
8	2	AS 1420 - 1973 - M5 x 25	Tornillos métricos ISO con cabeza cilíndrica con hueco hexagonal
9	1	ASME B18.27.1 MA3 - 3/8	Anillos de retención externas
10	1	Acrílico	

Diseñador: Daniel Barrera Steven Fernando		Universidad Autónoma Metropolitana Casa abierta al tiempo 
Revisado por: Dr. Israel Barragán Santiago		
Aprobado por: Ing. Romy Pérez Moreno		Título: <b>Explosionado de Montaje</b>
Escala: <b>1:2</b>	Acotación: <b>mm</b>	
Fecha de creación: 03/01/24	Versión: <b>1</b>	



## **6. Análisis y Discusión de Resultados.**

El modelo diseñado se considera funcional para las máquinas didácticas del laboratorio CEMAC. Las dimensiones en la propuesta fueron modificadas por especificaciones de peso ya que un objetivo particular especifica que no debe sobre pasar los 400 g y al no modificar las dimensiones sería el doble de pesado, aun teniendo estos cambios el peso en el modelo definitivo alcanzo los 687 g, esto no afecta la funcionalidad de las máquinas fresadoras pues los motores a pasos tienen una capacidad de torque de 83 oz in (5.1875 lb\*in).

El análisis de esfuerzos muestra que todos los componentes de la prensa resultan tener un diseño y selección de materiales adecuados pues la fuerza obtenida con la ecuación 3, y a la cual son sometidos los elementos, no provocará que se vean afectados ni deformados.

Lo anterior puede ser verificado en las tablas de propiedades mecánicas y resumen de resultados de la sección 4.3 Simulación y análisis de esfuerzos en componentes de la prensa, pues los esfuerzos máximos y mínimos en las tres tensiones principales no sobrepasan sus respectivos límites elásticos.

## **7. Conclusiones**

El proyecto de integración titulado “Diseño de una prensa de sujeción de piezas para máquina didáctica CNC de 3 ejes” cumple con todos los requerimientos para funcionar en las máquinas CNC didácticas de tres ejes del laboratorio CEMAC de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco. Los criterios que cumple este proyecto son: no obstruir la trayectoria de los ejes X, Y y Z, operación de tornillo por el lado izquierdo, tornillo de potencia con cuerda estándar para fácil sustitución en caso de mantenimiento correctivo y tornillería de usos comercial.

## **8. Referencias Bibliográficas.**

- [1] Juan Pablo Ayala Gutiérrez, 2017, “Diseño y fabricación de una prensa neumática”, Trabajo de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira.
- [2] Ing. Benito Ávila Castro, 2000, “Sistemas de sujeción y soporte mecánico”. Tesis de Maestría. Facultad de Ingeniería mecánica y eléctrica, Universidad Autónoma de Nuevo León.
- [3] Hernández Velarde Jesús, 2008, “Diseño de Prensa Mecánica para Piezas Cilíndricas para ser Montada en Fresadora CNC, Marca DENFORD, Modelo TRIAC VMC”, Tesis de grado de ingeniería, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME, IPN).

- [4] Gonzales Andrade Jordi Ricardo, Martínez Alonso Luis Jonathan, 2016, Diseño y Análisis de Fabricación de una Prensa para Fresado en Torno Paralelo de 12 a 16 pulgadas de Volteo”, Proyecto de Integración en Ingeniería Mecánica, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco (UAM).
- [5] DIN,2005,” Desarrollo de programas para máquinas de control numérico”,6602.
- [6] Hermenegildo Rodríguez Galbarro,2016,” Tornillo de Potencia” de <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn131.html>
- [7] Patricia Martínez - Marcelo Azuaga, 1997, “Medición del módulo de elasticidad de Young” de [https://www.fisicarecreativa.com/informes/infor\\_mecanica/young97.pdf](https://www.fisicarecreativa.com/informes/infor_mecanica/young97.pdf)
- [8] Plastiglas de México, S.A. de C.V., “Uso general lamina acrílico” de [https://www.plastiglas.com.mx/uploads/uso\\_general/1625074437\\_223444c5fb5f64606e42.pdf](https://www.plastiglas.com.mx/uploads/uso_general/1625074437_223444c5fb5f64606e42.pdf)
- [9] DIN,1957,” Dispositivos de Sujeción; Tornillos de banco para máquinas, capacidades, dimensiones de acoplamiento, variaciones permitidas, mordazas”,6370.
- [10] ASTM,2005,” Método de prueba estándar para la tracción propiedades de los plásticos” D638.
- [11] Francisco Campoverde, Carlos Obando, “Máquina CNC (Control Numérico Computarizado) de 3 ejes para el grabado de placas conmemorativas” de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7479/2/04%20MEC%20097%20ARTICULO.pdf>
- [12] Caleb Fabela, Aftab Ali, Lauren Fuentes, “Los mejores programas CNC 2023 (15 son gratuitos)” de [https://all3dp.com/es/2/mejor-programa-cnc-gratuito/#google\\_vignette](https://all3dp.com/es/2/mejor-programa-cnc-gratuito/#google_vignette)
- [13] Dikendra Acharya,” Fresado de tres ejes” de <https://proleantech.com/es/3-axis-cnc-milling-a-comprehensive-guide/>

- [14] Escritura colaborativa de la industria, “ Prensa de banco o tornillo de banco”,  
<https://www.hellermquinaria.com/prensa-de-banco-o-tornillo-de-banco/>
- [15] Erez Speizer, “M Doctor tu experto en mecanizado” de  
<https://www.machiningdoctor.com/about-erez-speiser/>
- [16] Millán Gómez, “Tornillo de potencia”, de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo\\_de\\_potencia#:~:text=Un%20tornillo%20de%20potencia%20es,punto%20de%20un%20torno%20manual\).](https://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_de_potencia#:~:text=Un%20tornillo%20de%20potencia%20es,punto%20de%20un%20torno%20manual).)
- [17] Ana Gonzales, Luis Navarro, 2017, “Definición del proceso de fabricación en serie de una prensa autocentrate lineal” grado ingeniería, Mecánica, Universidad Autónoma Metropolitana.
- [18] Escritura colaborativa de la industria, “Tablas de conversiones métricas, decimales” de  
<https://www.raisamex.mx/extranet/techweb/downloadprocess.cfm?i=32>

## 9. Apéndices.

Fracción	Decimal	mm	1"	2"	3"	4"	5"	6"
			<b>25.400</b>	<b>50.800</b>	<b>76.200</b>	<b>101.600</b>	<b>127.000</b>	<b>152.400</b>
1/64"	0.0156	0.397	25.797	51.197	76.597	101.997	127.397	152.797
<b>1/32"</b>	<b>0.0313</b>	<b>0.794</b>	<b>26.194</b>	<b>51.594</b>	<b>76.994</b>	<b>102.394</b>	<b>127.794</b>	<b>153.194</b>
3/64"	0.0469	1.190	26.590	51.990	77.390	102.790	128.190	153.590
<b>1/16"</b>	<b>0.0625</b>	<b>1.588</b>	<b>26.988</b>	<b>52.388</b>	<b>77.788</b>	<b>103.188</b>	<b>128.588</b>	<b>153.988</b>
5/64"	0.0781	1.984	27.384	52.784	78.184	103.584	128.984	154.384
<b>3/32"</b>	<b>0.0938</b>	<b>2.381</b>	<b>27.781</b>	<b>53.181</b>	<b>78.581</b>	<b>103.981</b>	<b>129.381</b>	<b>154.781</b>
7/64"	0.1094	2.778	28.178	53.578	78.978	104.378	129.778	155.178
<b>1/8"</b>	<b>0.1250</b>	<b>3.175</b>	<b>28.575</b>	<b>53.975</b>	<b>79.375</b>	<b>104.775</b>	<b>130.175</b>	<b>155.575</b>
9/64"	0.1406	3.572	28.972	54.372	79.772	105.172	130.572	155.972
<b>5/32"</b>	<b>0.1562</b>	<b>3.969</b>	<b>29.369</b>	<b>54.769</b>	<b>80.169</b>	<b>105.569</b>	<b>130.969</b>	<b>156.369</b>
11/63"	0.1746	4.366	29.766	55.166	80.566	105.966	131.366	156.766
<b>3/16"</b>	<b>0.1875</b>	<b>4.762</b>	<b>30.162</b>	<b>55.562</b>	<b>80.962</b>	<b>106.362</b>	<b>131.762</b>	<b>157.162</b>
13/64"	0.2031	5.159	30.559	55.959	81.359	106.759	132.159	157.559
<b>7/32"</b>	<b>0.2188</b>	<b>5.556</b>	<b>30.956</b>	<b>56.356</b>	<b>81.756</b>	<b>107.156</b>	<b>132.556</b>	<b>157.956</b>
15/64"	0.2344	5.953	31.353	56.753	82.153	107.553	132.953	158.353
<b>1/4"</b>	<b>0.2500</b>	<b>6.350</b>	<b>31.750</b>	<b>57.150</b>	<b>82.550</b>	<b>107.950</b>	<b>133.350</b>	<b>158.750</b>
17/64"	0.2656	6.747	32.147	57.547	82.947	108.347	133.747	159.147
<b>9/32"</b>	<b>0.2813</b>	<b>7.144</b>	<b>32.544</b>	<b>57.944</b>	<b>83.344</b>	<b>108.744</b>	<b>134.144</b>	<b>159.544</b>
19/64"	0.2969	7.541	32.941	58.341	83.741	109.141	134.541	159.941
<b>5/16"</b>	<b>0.3125</b>	<b>7.937</b>	<b>33.337</b>	<b>58.737</b>	<b>84.137</b>	<b>109.537</b>	<b>134.937</b>	<b>160.337</b>
21/64"	0.3281	8.334	33.734	59.134	84.534	109.934	135.334	160.734
<b>11/32"</b>	<b>0.3438</b>	<b>8.731</b>	<b>34.131</b>	<b>59.531</b>	<b>84.931</b>	<b>110.331</b>	<b>135.731</b>	<b>161.131</b>
23/64"	0.3594	9.128	34.528	59.928	85.328	110.728	136.128	161.528
<b>3/8"</b>	<b>0.3750</b>	<b>9.525</b>	<b>34.925</b>	<b>60.325</b>	<b>85.725</b>	<b>111.125</b>	<b>136.525</b>	<b>161.925</b>
25/64"	0.3906	9.922	35.322	60.722	86.122	111.522	136.922	162.322
<b>13/32"</b>	<b>0.4063</b>	<b>10.319</b>	<b>35.719</b>	<b>61.119</b>	<b>86.519</b>	<b>111.919</b>	<b>137.319</b>	<b>162.719</b>
27/64"	0.4219	10.716	36.116	61.516	86.916	112.316	137.716	163.116
<b>7/16"</b>	<b>0.4375</b>	<b>11.113</b>	<b>36.513</b>	<b>61.913</b>	<b>87.313</b>	<b>112.713</b>	<b>138.113</b>	<b>163.513</b>
29/64"	0.4531	11.509	36.909	62.309	87.709	113.109	138.509	163.909
<b>15/32"</b>	<b>0.4688</b>	<b>11.906</b>	<b>37.306</b>	<b>62.706</b>	<b>88.106</b>	<b>113.506</b>	<b>138.906</b>	<b>164.306</b>
31/64"	0.4844	12.303	37.703	63.103	88.503	113.903	139.303	164.703

*Tabla 8. Conversión de unidades para herramienta 1 [18].*

Fracción	Decimal	mm	1"	2"	3"	4"	5"	6"
<b>1/2"</b>	<b>0.5000</b>	<b>12.700</b>	<b>38.100</b>	<b>63.500</b>	<b>88.900</b>	<b>114.300</b>	<b>139.700</b>	<b>165.100</b>
33/64"	0.5156	13.097	38.497	63.897	89.297	114.697	140.097	165.497
<b>17/32"</b>	<b>0.5313</b>	<b>13.494</b>	<b>38.894</b>	<b>64.294</b>	<b>89.694</b>	<b>115.094</b>	<b>140.494</b>	<b>165.894</b>
35/64"	0.5469	13.891	39.291	64.691	90.091	115.491	140.891	166.291
<b>9/16"</b>	<b>0.5625</b>	<b>14.288</b>	<b>39.688</b>	<b>65.088</b>	<b>90.488</b>	<b>115.888</b>	<b>141.288</b>	<b>166.688</b>
37/64"	0.5781	14.684	40.084	65.484	90.884	116.284	141.684	167.084
<b>19/32"</b>	<b>0.5938</b>	<b>15.081</b>	<b>40.481</b>	<b>65.881</b>	<b>91.281</b>	<b>116.681</b>	<b>142.081</b>	<b>167.481</b>
39/64"	0.6094	15.478	40.878	66.278	91.678	117.078	142.478	167.878
<b>5/8"</b>	<b>0.6250</b>	<b>15.875</b>	<b>41.275</b>	<b>66.675</b>	<b>92.075</b>	<b>117.475</b>	<b>142.875</b>	<b>168.275</b>
41/64"	0.6406	16.272	41.672	67.072	92.472	117.872	143.272	168.672
<b>21/32"</b>	<b>0.6563</b>	<b>16.669</b>	<b>42.069</b>	<b>67.469</b>	<b>92.869</b>	<b>118.269</b>	<b>143.669</b>	<b>169.069</b>
43/64"	0.6719	17.066	42.466	67.866	93.266	118.666	144.066	169.466
<b>11/16"</b>	<b>0.6875</b>	<b>17.463</b>	<b>42.863</b>	<b>68.263</b>	<b>93.663</b>	<b>119.063</b>	<b>144.463</b>	<b>169.863</b>
45/64"	0.7031	17.859	43.259	68.659	94.059	119.459	144.859	170.259
<b>23/32"</b>	<b>0.7188</b>	<b>18.256</b>	<b>43.656</b>	<b>69.056</b>	<b>94.456</b>	<b>119.856</b>	<b>145.256</b>	<b>170.656</b>
47/64"	0.7344	18.653	44.053	69.453	94.853	120.253	145.653	171.053
<b>3/4"</b>	<b>0.7500</b>	<b>19.050</b>	<b>44.450</b>	<b>69.850</b>	<b>95.250</b>	<b>120.650</b>	<b>146.050</b>	<b>171.450</b>
49/64"	0.7656	19.447	44.847	70.247	95.647	121.047	146.447	171.847
<b>25/32"</b>	<b>0.7813</b>	<b>19.844</b>	<b>45.244</b>	<b>70.644</b>	<b>96.044</b>	<b>121.444</b>	<b>146.844</b>	<b>172.244</b>
51/64"	0.7969	20.241	45.641	71.041	96.441	121.841	147.241	172.641
<b>13/16"</b>	<b>0.8125</b>	<b>20.638</b>	<b>46.038</b>	<b>71.438</b>	<b>96.838</b>	<b>122.238</b>	<b>147.638</b>	<b>173.038</b>
53/64"	0.8281	21.034	46.434	71.834	97.234	122.634	148.034	173.434
<b>27/32"</b>	<b>0.8438</b>	<b>21.431</b>	<b>46.831</b>	<b>72.231</b>	<b>97.631</b>	<b>123.031</b>	<b>148.431</b>	<b>173.831</b>
55/64"	0.8594	21.828	47.228	72.628	98.028	123.428	148.828	174.228
<b>7/8"</b>	<b>0.8750</b>	<b>22.225</b>	<b>47.625</b>	<b>73.025</b>	<b>98.425</b>	<b>123.825</b>	<b>149.225</b>	<b>174.625</b>
57/64"	0.8906	22.622	48.022	73.422	98.822	124.222	149.622	175.022
<b>29/32"</b>	<b>0.9063</b>	<b>23.019</b>	<b>48.419</b>	<b>73.819</b>	<b>99.219</b>	<b>124.619</b>	<b>150.019</b>	<b>175.419</b>
59/64"	0.9219	23.416	48.816	74.216	99.616	125.016	150.416	175.816
<b>15/16"</b>	<b>0.9375</b>	<b>23.813</b>	<b>49.213</b>	<b>74.613</b>	<b>100.013</b>	<b>125.413</b>	<b>150.813</b>	<b>176.213</b>
61/64"	0.9531	24.209	49.609	75.009	100.409	125.809	151.209	176.609
<b>31/32"</b>	<b>0.9628</b>	<b>24.454</b>	<b>49.854</b>	<b>75.254</b>	<b>100.654</b>	<b>126.054</b>	<b>151.454</b>	<b>176.854</b>
63/64"	0.9844	25.003	50.403	75.803	101.203	126.603	152.003	177.403

*Tabla 23. Conversión de unidades para herramienta 2 [18].*

MACHUELO	DIAM. BROCA	EQUIV. DECIMAL	% TEORICO. ROSCA	MACHUELO	DIAM. BROCA	EQUIV. DECIMAL	% TEORICO. ROSCA	MACHUELO	DIAM. BROCA	EQUIV. DECIMAL	% TEORICO. ROSCA
M1.6x.35	1.25mm	.0492	77	M8 X 1	I	.2720	67	M22 X 1.5	20.5mm	.8071	77
	1.3mm	.0512	66		J	.2756	77		13/16	.8125	70
	# 55	.0520	61			.2770	74	M24 X 3	21mm	.8268	77
M1.8x.35	1.45mm	.0571	77	M10 X 1.5	8.5mm	.3346	77		27/32	.8438	66
	1.5mm	.0591	66		R	.3390	71	M24 X 2	22mm	.8661	77
	# 53	.0595	64	M10 X 1.25	8.75mm	.3445	77		7/8	.8750	68
M2x.4	1.6mm	.0630	77		S	.3480	71	M27 X 3	24mm	.9449	77
	# 52	.0635	74	M12 X 1.75	13/32	.4062	74		61/64	.9531	72
M2.2x.45	1.75mm	.0689	77		Z	.4130	66	M27 X 2	25mm	.9843	77
	# 50	.0700	72	M12 X 1.25	27/64	.4219	79		63/64	.9844	77
M2.5x.45	2.05mm	.0700	77		11mm	.4331	62	M30 X 3.5	26.5mm	1.0433	77
	# 45	.0820	71	M14 X 2	12mm	.4724	77		1-1/16	1.0625	66
M3x.5	2.5mm	.0984	77		31/64	.4844	65	M30 X 2	28mm	1.1024	77
	# 39	.0995	73	M14 X 1.5	12.5mm	.4921	77		1-7/64	1.1094	70
M3.5x.6	2.9mm	.1142	77		½	.5000	67	M33 X 3.5	29.5mm	1.1614	77
	# 32	.1160	71	M16 X 2	14mm	.5512	77		1-11/64	1.1719	71
M4X.7	3.3mm	.1299	77		9/16	.5625	66	M33 X 2	31mm	1.2205	77
	3.4mm	.1339	66	M16 X 1.5	14.5mm	.5709	77		1-15/64	1.2344	63
	# 29	.1360	60		37/64	.5781	68	M36 X 4	32mm	1.2598	77
M4.5X.75	3.75mm	.1476	77	M18 X 2.5	15.5mm	.6102	77		1-17/64	1.2656	74
	# 25	.1495	72		5/8	.6250	65	M36 X 3	1-19/64	1.2869	78
M5X.8	4.2mm	.1654	77	M18 X 1.5	16.5mm	.6496	77		33mm	1.2992	77
	# 18	.1695	67		21/32	.6562	68	M39 X 4	1-5/16	1.3125	68
M6X 1	5mm	.1969	77	M20 X 2.5	17.5mm	.6890	77		1-3/8	1.3750	78
	# 8	.1990	73		45/64	.7031	68		35mm	1.3780	77
M7X 1	6mm	.2362	77	M20 X 1.5	18.5mm	.7283	77	M39 X 3	1-25/64	1.3906	71
	B	.2380	74		47.64	.7344	69		36mm	1.4173	77
M8X 1.25	6.75mm	.2657	77	M22 X 2.5	19.5mm	.7677	77		1-27/64	1.4219	74
	6.8mm	.2677	74		25/32	.7812	66				

Tabla 24. Medidas de brocas para machuelos milimétricos [18].

## 10. Entregables Comprometidos en la Propuesta.

Entregables	SI	NO
Dibujos de definición y especificación de cada componente de la prensa.	x	
Descripción de la fabricación de cada componente de la prensa.	x	
Reporte final del Proyecto de Integración.	x	

Tabla 25. Entregables comprometidos en la propuesta.