



**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN
“RESTAURACION DE CEPILLO MECÁNICO.”**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
INGENIERO MECÁNICO**

PRESENTADO POR:

Br. José Luis García Miranda.

Br. Brayan Alexis Barrera Ramírez.

Br. Louis Felipe Velásquez Campos.

SANTA TECLA, OCTUBRE 2025



AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

ING. ROSENDO MAURICIO SERMEÑO PALACIOS
RECTOR

ING. FRANCISCO ALFREDO CARRILLO LARREYNAGA
VICE-RECTOR

ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS ALBERTO COCA MUÑOZ
FISCAL

ING. MAURICIO ANTONIO AGUIRRE ORELLANA
DECANO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO
DIRECTOR DE ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA

SANTA TECLA, OCTUBRE 2025.



ASESOR

Ing. José Raúl Anzora Gonzales

JURADO EVALUADOR

Ing. Armando Antonio Bolaños Sandoval

Ing. José Benjamín Castro Chávez

Ing. Obdulio Adalberto Calvo

SANTA TECLA, OCTUBRE 2025.

UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y CINCO

A las diecisiete horas y treinta minutos, del jueves veinticuatro de julio de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por BRAYAN ALEXIS BARRERA RAMIREZ en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

" RESTAURACION DE CEPILLO MECANICO."

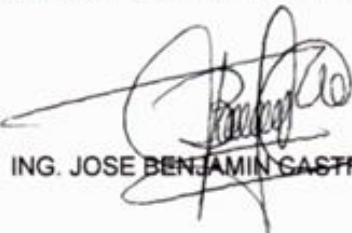
Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de SIETE PUNTO CINCO (7.5), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO MECANICO.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

ING. ARMANDO ANTONIO BOLAÑOS SANDOVAL



ING. JOSE BENJAMIN CASTRO CHAVEZ



ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO



ING. ROOSELVEY ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y CUATRO

A las diecisiete horas y treinta minutos, del jueves veinticuatro de julio de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por JOSE LUIS GARCIA MIRANDA en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

" RESTAURACION DE CEPILLO MECANICO."

Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

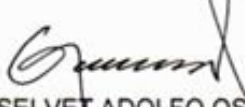
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de OCHO PUNTO CERO (8.0), el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO MECANICO.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

ING. ARMANDO ÁNTONIO BOLAÑOS SANDOVAL


ING. JOSÉ BENJAMÍN CASTRO CHAVEZ


ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO


ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

ACTA DE CALIFICACIÓN DE
DEFENSA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

No. TRES MIL CUATROCIENTOS NOVENTA Y TRES

A las diecisiete horas y treinta minutos, del jueves veinticuatro de julio de dos mil veinticinco. Reunidos los Miembros del Tribunal Examinador del Trabajo de Graduación presentado por LOUIS FELIPE VELASQUEZ CAMPOS en el salón de sesiones de la UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA. Se procedió:

PRIMERO: Que habiendo analizado el Trabajo de Graduación titulado:

" RESTAURACION DE CEPILLO MECANICO."

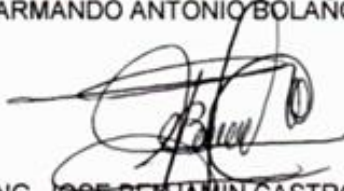
Se dio por aprobada, la parte escrita.

SEGUNDO: Que, con base a dicha aprobación de la parte escrita, se procedió a instalar la respectiva defensa oral del trabajo.

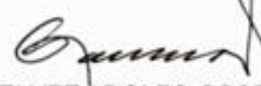
De conformidad a los resultados en dicha defensa, este Tribunal Examinador acuerda dar por APROBADA, con una calificación de *OCHO PUNTO CERO (8.0)*, el Trabajo de Graduación presentado por el alumno arriba detallado obteniendo a partir de esta fecha su calidad de: INGENIERO MECANICO.

No habiendo más que hacer constar, damos por terminada el acta que firmamos.

ING. ARMANDO ANTONIO BOLAÑOS SANDOVAL


ING. JOSE BENJAMIN CASTRO CHAVEZ


ING. OBDULIO ADALBERTO CALVO


ING. ROOSELVET ADOLFO OSORIO
SECRETARIO GENERAL



CONTENIDO

CONTENIDO	7
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPITULO 1 GENERALIDADES.....	13
1.1 ANTECEDENTES	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	17
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION	19
1.5 JUSTIFICACIÓN	20
1.6 ALCANCE DEL PROYECTO.	22
1.7 LIMITANTES	23
1.8 DELIMITACION DEL PROBLEMA	24
1.9 OBJETIVOS.....	25
CAPITULO 2 MARCO TEORICO	26
2.1 PROCESOS DE ARRANQUE DE VIRUTA:	26
2.2 PROCESO DE MORTAJADO.....	26
2.3 CARRERA DE TRABAJO	27
2.4 MORTAJADORA HORIZONTAL (CEPILLADORA CORTA):	30
2.5 HERRAMIENTA DE CORTE	32
2.6 MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS.....	36

2.7 CUCHILLAS PARA CEPILLAR Y LIMAR	39
2.8 CARRERA DE TRABAJO Y CARRERA EN VACÍO AL CEPILLAR	45
2.9 TIEMPO PRINCIPAL AL CEPILLAR	49
2.10 POTENCIA DE ACCIONAMIENTO EN EL CEPILLADO.....	50
2.11 RELACIÓN ENTRE POTENCIA DE ACCIONAMIENTO Y EFICIENCIA DEL PROCESO	51
2.12 CONCENTRADOR DE ESFUERZOS.....	53
2.13 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	56
CAPITULO 3: PROCESO RESTAURATIVO DEL CEPILLO MECÁNICO	59
3.1 ESPECIFICACIONES MÉTRICAS DEL CEPILLO MECÁNICO.....	59
3.2 RESTAURACIÓN DE CEPILLO MECÁNICO	60
3.3 PLANOS MECÁNICOS DEL CEPILLO MECÁNICO	68
3.4 COSTOS DEL PROYECTO.....	109
CAPITULO 4 ANEXOS	112
4.1 MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO.....	112
4.2 GUIAS DE PRÁCTICA DE LABORATORIO	147
4.3 CONCLUSIONES.....	167
4.4 RECOMENDACIONES.....	168
4.5 BIBLIOGRAFÍA.....	169
4.6 FOTOGRAFÍAS.	170

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1:Máquina para cepillar metales -----	13
Ilustración 2:Cepillo de mesa fija -----	14
Ilustración 3:Limadora de Nasmyth-----	15
Ilustración 4: Cepillo mecánico Estarta y Ecenarro-----	16
Ilustración 5: Procesos de cepillado-----	27
Ilustración 6:Cepilladora corta. -----	31
Ilustración 7:Partes de la cepilladora. -----	32
Ilustración 8:Herramienta de corte. -----	33
Ilustración 9:Formas de cuchillas -----	40
Ilustración 10:Prensa de sujeción. -----	42
Ilustración 11:Concentración de esfuerzos en una pieza escalonada-----	53
Ilustración 12:Ranura de concentración de esfuerzos -----	55
Ilustración 13:Dimensiones de altura ancho y largo máximo del cepillo en mm. -----	59
Ilustración 14: Partes del cepillo mecánico. -----	148
Ilustración 15: Movimiento biela-piñón. -----	149
Ilustración 16: Esquema de movimiento.-----	150
Ilustración 17:Movimiento de corte. -----	151
Ilustración 18: Movimiento de corte y retroceso. -----	151
Ilustración 19: Operaciones que se pueden realizar en una limadora. -----	152
Ilustración 20: Tipos y ángulos de cuchilla de corte. -----	153

Ilustración 21: Fijación por medio de bridas. -----	153
Ilustración 22: Fijación en prensa y movimiento de corte. -----	154
Ilustración 23: Cepillo mecánico antes de restauración. -----	170
Ilustración 24: Cepillo mecánico antes de restauración. -----	171
Ilustración 25: Restauración de cepillo mecánico. -----	172
Ilustración 26: Cepillo restaurado. -----	173
Ilustración 27: Cepillo mecánico restaurado. -----	174
Ilustración 28: Circuito de arranque de motor -----	175

INDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1:recorrido total.	45
Ecuación 2:carrera doble.	45
Ecuación 3:Velocidad de corte.	47
Ecuación 4:Velocidad de retroceso.	47
Ecuación 5:Velocidad media.	47
Ecuación 6:Velocidad media.	48
Ecuación 7:Velocidad media.	48
Ecuación 8:Velocidad de corte media.	48
Ecuación 9:Vm en función de carreras por minuto.	48
Ecuación 10: carrera de trabajo y carrera en vacío.	49
Ecuación 11:Tiempo para carrera doble	49
Ecuación 12:Numero de doble carreras.	49
Ecuación 13:Tiempo principal de cepillado.	50
Ecuación 14:Tiempo principal de cepillado.	50
Ecuación 15:Esfuerzo de corte.	51

INTRODUCCIÓN

El cepillo mecánico es la herramienta especializada en realizar cortes a lo largo de una trayectoria longitudinal para maquinado de ranuras internas. A lo largo de los años se fue mejorando el diseño del cepillo mecánico, máquina-herramienta especialmente diseñada para mecanizado de ranuras internas axiales, los cepillos mecánicos aún son utilizados en una gran cantidad de talleres de mecanizado convencional y talleres de mantenimiento industrial.

El proceso de mecanizado por amortajado consiste en un movimiento rectilíneo donde la herramienta de un solo filo va arrancando tiras de viruta una después de otra. En el mortajado se trabaja tanto horizontal (cepillado corto) como verticalmente. En el mortajado horizontal obtiene la pieza el movimiento de avance en dirección horizontal y la herramienta por el contrario en dirección vertical.

El proyecto de graduación consistirá en el proceso de restauración de un cepillo mecánico orientado a mecanizar ranuras en piezas metálicas, con el objetivo de favorecer una máquina en óptimo estado para que sea capaz de desempeñarse de manera correcta y sea de utilización intuitiva pero también se escribirá una guía de implementación didáctica para que en ella estén los pasos necesarios para utilizar la máquina de forma segura.

CAPITULO 1 GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

Las cepilladoras tienen por objeto producir superficies planas y lisas en piezas de gran longitud. El mecanizado realizado por estas máquinas recibe el nombre de cepillado, haciéndolo extensible por afinidad, a limadoras, amortajadoras y brochadoras.

El francés Nicolás Focq creó en 1751 la primera máquina de cepillar metales. Pero fue a principios del siglo XX, a causa del fuerte desarrollo industrial, cuando se hizo necesario mejorar la forma de planear planchas de hierro, que tradicionalmente se realizaba manualmente, mediante el uso de cincel y lima. Por el mismo motivo se buscó una solución, para realizar chaveteros en poleas y engranajes, que se abrían manualmente con buril y lima.

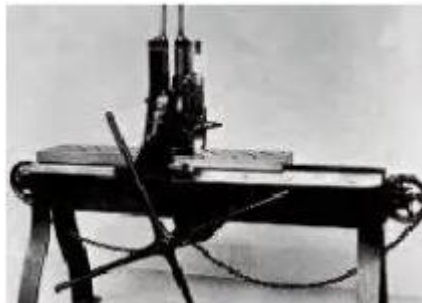


Ilustración 1: Máquina para cepillar metales

Para mecanizar chaveteros, el inglés Maudslay construye en 1803, una amortajadora diseñada por Brunel. En 1817, Richard Roberts construye el primer cepillo puente de uso industrial, para mecanizar piezas de 1320 x 280 mm. de accionamiento manual a volante y piñón cremallera.

Para la fabricación de material de su fábrica textil, el inglés James Fox, construye en 1820, un cepillo puente con desplazamiento de mesa; con capacidad para mecanizar piezas de 3120 x 560 mm. En 1833 construye otro modelo de medidas más reducidas.

La mortajadora construida en 1830, por "Sharp, Roberts Co." representó un avance al incorporarle un plato divisor.

Para la fabricación de material de su fábrica textil, el inglés James Fox, construye en 1820, un cepillo puente con desplazamiento de mesa; con capacidad para mecanizar piezas de 3120 x 560 mm. En 1833 construye otro modelo de medidas más reducidas. La mortajadora construida en 1830, por "Sharp, Roberts Co." Representó un avance al incorporarle un plato divisor. En 1834, el ingeniero francés Morinière de "Manufactures des glaces de Saint Gobain" construye un cepillo con mesa fija y movimiento del puente porta herramientas, para mecanizar piezas pesadas de 4000 x 3000 mm.

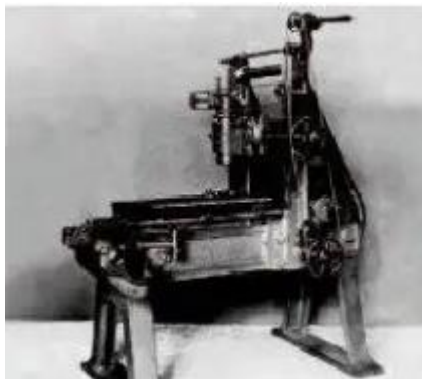


Ilustración 2: Cepillo de mesa fija

Poco después Joseph Whitworth, construye un cepillo puente con movimiento de mesa accionada a mano con manivela, y en 1836 un modelo perfeccionado, movido por transmisión y poleas, que fue la base para posteriores desarrollos.

Hacía falta una máquina más manejable que la cepilladora, para el mecanizado de superficies planas de longitud inferior a 800 mm. Así nació en 1839 la limadora de Nasmyth, bautizada popularmente con el nombre de "Brazo de acero de Nasmyth."

Poco después, Joseph Whitworth perfecciona la limadora, incorporando un dispositivo automático descendente del carrito porta herramienta.

El uso de la limadora se extiende por Europa. En Alemania, J. G. Weisser construye una limadora con desplazamiento de mesa y carrito porta -herramienta automáticos.

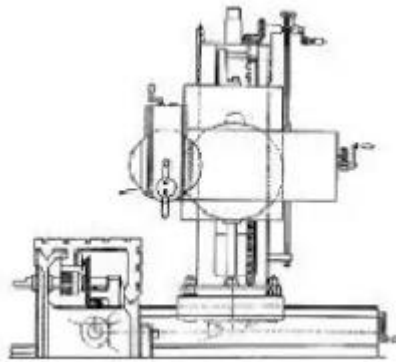


Ilustración 3: Limadora de Nasmyth

Desarrollados varios modelos de cepilladoras, el francés J.G. Bodmer se dio cuenta que hacía falta una solución para mecanizar planchas de gran anchura por lo que desarrolló una patente para construir cepilladoras de una sola columna. En base a esta patente se desarrollaron este tipo de máquinas.

Para finales del siglo XIX, como se puede ver en las máquinas de Butler, las cepilladoras accionadas por transmisión y poleas habían alcanzado su pleno desarrollo.

A finales del siglo XIX, para dar respuesta a las necesidades de la industria del automóvil y armamento surgió, la necesidad de abrir chaveteros y estrías múltiples, naciendo de esta forma las brochadoras de "Smith & Coventry" en 1899 y de "The Lapointe Machine Tool Co" en 1902.

Hacia 1927, "Estarta y Ecenarro" construye la primera limadora del estado español.



Ilustración 4: Cepillo mecánico Estarta y Ecenarro

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Descripción del problema

Un reto común para el ingeniero mecánico que se desempeña en mantenimiento industrial es el momento en que se pone a prueba su capacidad analítica para resolver un problema específico, cuya solución puede depender de la reparación, modificación o fabricación de una pieza mecánica.

El ingeniero mecánico recibe una educación extensa sobre el diseño y análisis de elementos mecánicos; la teoría por sí sola, es la base en la cual se sustenta la solución integral de un problema, más al complementarse un conocimiento numérico y literario con habituación realista a los procesos de mecanizado se fortalece más al ingeniero mecánico para tomar decisiones correctas y de forma eficaz. **La falta de experiencia práctica limita la capacidad del ingeniero para aplicar la teoría a situaciones reales**, lo cual es crucial para su desarrollo profesional y para su desempeño en el campo laboral cuando recién se ha graduado.

Es importante abordar este problema, ya que la capacidad de resolver problemas mecánicos prácticos es esencial para el éxito en la carrera de ingeniería mecánica. Con una formación adecuada que combine teoría y práctica, los ingenieros pueden enfrentarse a las dificultades con mejor desenvolvimiento al ingresar al mercado laboral.

En la UTLA, la materia de Tecnología industrial se imparte tanto en su faceta teórica, con lecturas de libros y resolución de problemas numéricos como en su metodología práctica. Sin embargo, hasta la fecha, en los laboratorios de prácticas no se dispone de equipo o máquinas-herramienta para realizar operaciones de mecanizado, que combine fundamentos teóricos reforzados a través del aprendizaje y la experiencia formativa práctica.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Pregunta Principal: ¿Cómo se puede fortalecer la formación académica en las materias de tecnología industrial utilizando como recurso una máquina herramienta para uso didáctico en una modalidad teoría-práctica?

Preguntas Específicas:

¿Cuáles son las principales dificultades que enfrentan los ingenieros mecánicos recién graduados cuando deben aplicar los conceptos de mecanizado en situaciones prácticas?

¿Qué tipo de formación práctica sería más efectiva para complementar la teoría aprendida en el aula y mejorar la capacidad analítica y de resolución de problemas de los ingenieros mecánicos?

¿Cómo se puede medir la eficacia de la formación práctica en la preparación de los ingenieros mecánicos para resolver problemas reales en su campo de trabajo?

1.4 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACION

Los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad Técnica Latinoamericana cursan la carrera con prácticas didácticas en distintas materias curriculares, entre ellas tecnología industrial, sin embargo, en esta materia no se han incluido practicas respecto a maquinas-herramientas para realizar operaciones de mecanizado y estar familiarizado con estas ampliando así el conocimiento del ingeniero.

A través de la implementación de un proyecto de restauración y puesta en marcha de un cepillo mecánico para ser donado a los laboratorios prácticos de la Universidad Técnica Latinoamericana, se pretende dar solución integral a la necesidad de tener una experiencia completa sobre el uso de una máquina herramienta. Tanto por parte de la Universidad de brindar una práctica de laboratorio como esta, como del estudiante de practicar con una máquina herramienta y aprender una nueva competencia y conocimiento de ella.

De esta forma complementar mejor el aprendizaje de la materia Tecnología Industrial, en el proceso de mortajado horizontal o cepillado corto con la resolución de una guía de laboratorio conveniente y realista para resolver en conjunto con la práctica de laboratorio.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Es importante poner en marcha y culminar este proyecto de graduación “Restauración de cepillo mecánico” porque será un aporte de valor académico y técnico para el equipo de trabajo de la UTLA y estudiantes de Ingeniería Mecánica al ser la primera máquina herramienta de los laboratorios de la Universidad. Esta herramienta podrá ser utilizada para maquinar cuñeros internos en distintas piezas mecánicas o también ranuras sobre superficies.

La materia de Tecnología Industrial es parte del grupo de materias fundamentales de la carrera por lo esencial que es al momento de que un ingeniero tenga que determinar soluciones a problemáticas en el mundo real , es imperante que el ingeniero mecánico que trabaja en la rama de mecanizado o mantenimiento industrial conozca profundamente sobre los procesos de fabricación , modificación o reparación de piezas a través del mecanizado por corte de viruta ya que una gran parte del mercado laboral disponible para un ingeniero mecánico consiste en trabajos relacionados al montaje , mantenimiento o corrección de maquinaria industrial , por lo cual es demandante para el ingeniero en mecánica tener un conocimiento sólido y una base bien establecida acerca de los procesos de mecanizado de piezas y sus variantes.

Abriendo la puerta a que esta máquina pueda ser utilizada como herramienta por los estudiantes que se vean en necesidad de maquinar ranuras internas en sus piezas para sus propios proyectos o trabajos universitarios y también para que la universidad brinde una práctica de laboratorio teoría-práctica del proceso de mortajado aportando no una solución parcial a un problema en general ,que serían la carencia de equipo práctico para laboratorios de tecnología industrial, sino brindando una solución pragmática y efectiva a un tema más enfocado al mecanizado de ranuras internas y su máquina respectiva ,siendo nuestra meta más específica y enfocada al cepillo mecánico de entre las demás tipos de máquina-herramienta.

Este proyecto ayudara a que los estudiantes que ingresaran a la facultad de la Universidad puedan culminar el estudio exigido para la obtención de un título de ingeniero, fortaleciendo bases teóricas y prácticas respecto a la maquina cepillo mecánico correspondiente la materia de tecnología industrial.

1.6 ALCANCE DEL PROYECTO.

El proyecto consistirá en la restauración de un cepillo mecánico usado en el cual se procederá a hacer un despiece total para efectuar una limpieza profunda de los componentes, con el objetivo de remover todo el óxido acumulado y demás contaminantes. Además, las piezas dañadas o faltantes se tendrán que fabricar o reparar conforme se pueda reconstruir de manera completa el cepillo mecánico para que este sea funcional

Con el proyecto se logrará obtener una operación de mecanizado optima y eficaz para que pueda ser utilizada con el fin de realizar ranuras de manera eficiente. La bancada será armada con su respectiva cuña calibrada para que pueda realizar un movimiento lineal de manera precisa con variación mínima en sus medidas de desplace.

El alcance del proyecto está enfocado a reforzar la educación recibida por los estudiantes de Ingeniería Mecánica en las materias de tecnología industrial y diseño de elemento de máquinas ya que será una herramienta que servirá para solidificar los conocimientos teóricos impartidos juiciosamente por los docentes de la carrera.

El equipo será donado a los laboratorios de la Universidad Técnica Latinoamericana, para que pueda ser utilizado por los estudiantes de Ingeniería Mecánica, esperando tengan una aceptación positiva y su uso con fines de aprendizaje, y también será proporcionada una guía conveniente y realista para su utilización.

1.7 LIMITANTES

Disponibilidad limitada de financiamiento

El único fondo de recurso es económico y es el capital que puedan invertir los miembros del grupo de trabajo de graduación.

Acceso limitado a maquinaria industrial

El grupo no cuenta con un acceso directo a maquinas -herramientas u otro tipo de maquinaria que servirán para el proceso de reconstrucción de piezas y fabricación de piezas faltantes del cepillo.

Tiempo limitado

La limitación del tiempo es un reto ya que todos los egresados involucrados en el grupo de graduación trabajan tiempo completos y se posee únicamente los horarios no laborales para la restauración del maquina y formulación de tesis.

1.8 DELIMITACION DEL PROBLEMA

El presente proyecto se centra en reforzar y ampliar la educación teórica impartida por los docentes en la materia de Tecnología Industrial a través de una práctica didáctica de mecanizado, dicha asignatura cuenta con módulos prácticos, sin embargo, hasta la fecha en los laboratorios de prácticas no se encuentra una máquina -herramienta para realizar procesos de mecanizado

Para tener un laboratorio de prácticas de tecnología industrial enfocado al mecanizado de piezas se tendría que contar con más equipos entre otros instrumentos de precisión y medición, sin embargo, nuestra delimitación planteada es que con la incorporación de un cepillo mecánico a los laboratorios de la Universidad se podrá reforzar el conocimiento teórico estudiado por medio de una actividad teórico-práctica de mecanizado de ranuras utilizando el cepillo mecánico que será suministrado por el grupo a la Universidad.

No se podrá abarcar en su totalidad todos los procesos del mecanizado de piezas, pero si se podrá estudiar y realizar de manera integral el uso del cepillo mecánico como herramienta fundamental de la industria manufacturera y talleres de mantenimiento industrial y mecanizado.

1.9 OBJETIVOS

Objetivo General: Contribuir a la formación teórico-práctica de los estudiantes de ingeniería mecánica, mediante la realización de prácticas de mecanizado de ranuras en una cepilladora rehabilitada para fines didácticos

Objetivos específicos:

- Reforzar áreas específicas centradas en el proceso de mecanizado para la capacidad para resolver dificultades referentes a esta rama de la mecánica.
- Mejorar la efectividad de formación teórico-práctica con enfoque en las habilidades analíticas y de resolución de problemas de los ingenieros mecánicos.

CAPITULO 2 MARCO TEORICO

2.1 PROCESOS DE ARRANQUE DE VIRUTA:

En general, el proceso con arranque de viruta es el más utilizado, también es el que más desarrollo tuvo a lo largo de los años. Se realiza en máquinas cuyo trabajo consiste en llevar una pieza o materia prima al formato o diseño definido previamente, mediante el trabajo de una o varias herramientas de corte, mediante las operatorias que permita la máquina (rotación, translación, otras). Los procesos más utilizados son: torneado, fresado, perforado, taladrado, mandrinado, cepillado, escariado, aserrado, rectificado, bruñido, tronzado, alisado, electro erosionado. Para cada caso, existe una máquina herramienta diseñada para llevar adelante el proceso o modalidad de arranque de viruta correspondiente.

2.2 PROCESO DE MORTAJADO

El mecanizado por mortajado es una de las muchas técnicas que se emplean en la metalmecánica para dar forma a piezas, por arranque de viruta y que se utiliza para la creación de ranuras longitudinales.

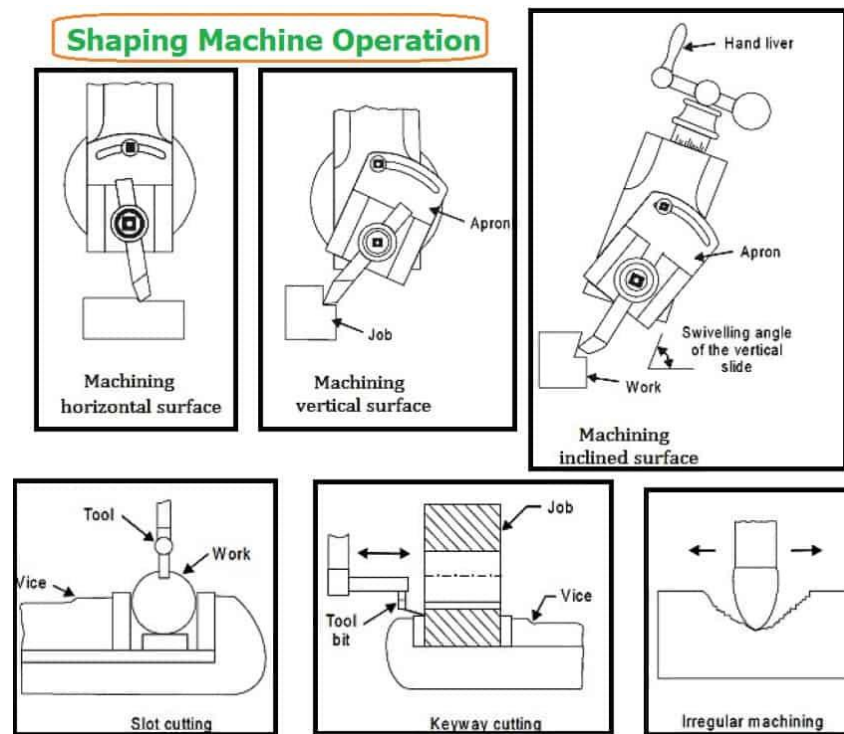


Ilustración 5: Procesos de cepillado

Definición de Cepillado

El cepillado es un proceso de mecanizado que utiliza una herramienta de corte (cepillo) para eliminar material de una pieza de trabajo, creando superficies planas, ranuras o formas específicas. Este proceso es común en la fabricación de piezas metálicas y se utiliza para mejorar la precisión dimensional y la calidad superficial de las piezas.

2.3 CARRERA DE TRABAJO

La carrera de trabajo se refiere al movimiento efectivo de la herramienta de corte durante el proceso de cepillado. Este movimiento es crucial para la eliminación de material y se caracteriza por:

Longitud de la Carrera: Es la distancia que recorre la herramienta de corte en la dirección de avance durante el cepillado. La longitud de la carrera puede variar según el diseño de la máquina y la configuración de la pieza de trabajo.

Velocidad de Avance: Es la velocidad a la que se mueve la herramienta de corte a lo largo de la pieza. Una velocidad de avance adecuada es esencial para lograr un corte eficiente y evitar el desgaste excesivo de la herramienta.

Carrera Vacía

La carrera vacía se refiere al movimiento de retorno de la herramienta de corte, donde no se realiza corte ni eliminación de material. Este movimiento es importante por varias razones:

Eficiencia del Proceso: La carrera vacía debe ser lo más corta posible para maximizar el tiempo de corte efectivo y mejorar la eficiencia del proceso de cepillado.

Diseño de la Máquina: Las máquinas cepilladoras modernas están diseñadas para minimizar el tiempo de la carrera vacía, utilizando mecanismos que permiten un retorno rápido de la herramienta a su posición inicial.

Importancia de la Carrera de Trabajo y Vacía

Calidad del Mecanizado: La relación entre la carrera de trabajo y la carrera vacía afecta la calidad del mecanizado. Un balance adecuado entre ambas puede mejorar la precisión y la calidad superficial de la pieza.

Productividad: Minimizar la carrera vacía y optimizar la carrera de trabajo contribuye a aumentar la productividad del proceso de cepillado, permitiendo un mayor número de piezas mecanizadas en un tiempo determinado.

Factores que Afectan las Carreras

Configuración de la Máquina: El diseño y la configuración de la máquina cepilladora influyen en la longitud de las carreras y en la eficiencia del proceso.

Tipo de Material: Las propiedades del material a mecanizar pueden requerir ajustes en la longitud de la carrera de trabajo y en la velocidad de avance.

Herramienta de Corte: La geometría y el material de la herramienta de corte también afectan la eficiencia del cepillado y, por ende, las características de las carreras.

Luis Schvab, (2011) Máquinas y herramientas: Guía Didáctica, P.13.

2.4 MORTAJADORA HORIZONTAL (CEPILLADORA CORTA):

Es la máquina herramienta a destinada a hacer procesos de corte de viruta en un movimiento rectilíneo y paralelo al eje central de una pieza con el fin de maquinarse en ella una ranura. Este proceso se caracteriza porque el movimiento principal de la máquina es el de traslación y la herramienta de corte que se emplea es el monofilamento.

A través de este conjunto de operaciones de mecanizado es posible crear ranuras paralelas a la dirección que sigue el monofilamento, pero también superficies planas y, en el caso de los engranajes, se obtienen las dentaduras de estos. El movimiento principal de la mortajadora se realiza siguiendo un plano vertical.

En la mortajadora, se produce el arranque de viruta cuando se mueven las piezas sujetas a la mesa de trabajo. El monofilamento sigue un movimiento rectilíneo de avance o retroceso sobre la superficie de las piezas. La mortajadora cuenta con la ventaja de que se pueden mecanizar piezas de dimensiones más grandes a las admitidas en otras máquinas herramientas que ejecutan el mortajado.



Ilustración 6: Cepilladora corta.

Partes principales del cepillo mecánico:

Bancada, carro, carrillo portaherramientas

El **carro** se desliza a lo largo de guías en forma de cola de milano cuyo juego puede ser regulado mediante listones ajustables.

El **carrillo** portaherramientas situado en la cabeza del carro o carnero puede correr con ayuda de un husillo en una guía de cola de milano.

Mesa: Va unida a un carro transversal guiado en la armazón el cual permite el movimiento de aquella en sentido horizontal y vertical, muchas veces la mesa es soportada por delante con un apoyo.



Ilustración 7: Partes de la cepilladora.

Walter Bartsch (1983) Herramientas, Maquinas Trabajo. pp.133-137.

2.5 HERRAMIENTA DE CORTE

Al hablar de herramientas de corte, nos referimos a las herramientas de mayor consumo industrial en el mundo, en la actualidad, y en los últimos cuarenta años. Estas herramientas, utilizadas mayoritariamente en máquinas herramientas, son aquellas que realizan el principal trabajo en todo tipo de mecanizado. La operación que realizan se llama arranque de viruta y permite obtener la mayor cantidad de viruta de la pieza a mecanizar

Movimientos de la herramienta de corte.

La herramienta y la pieza tienen que moverse la una respecto a la otra de una determinada manera según sea el procedimiento de trabajo. Se distinguen los siguientes movimientos.

1. Movimiento principal o movimiento de corte.
2. Movimiento de avance.
3. Movimiento de ajuste o de aproximación.

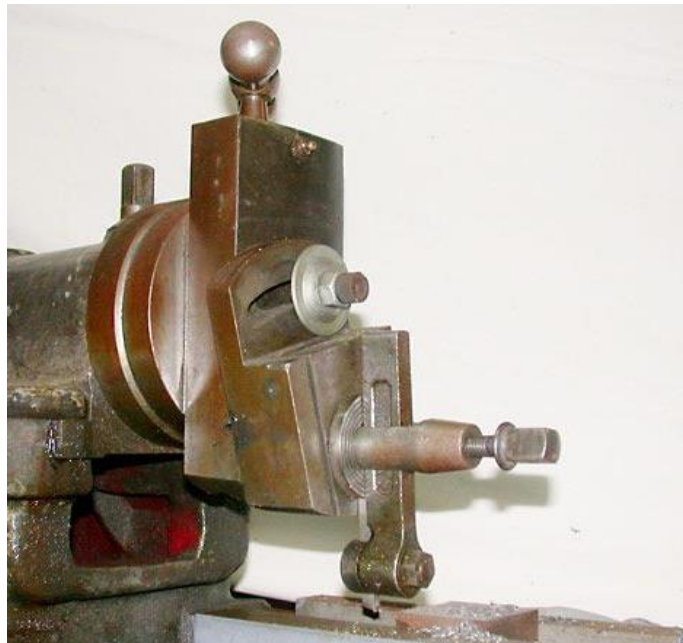


Ilustración 8: Herramienta de corte.

Formas de virutas

El aspecto exterior de las virutas es diferente de unas a otras, y viene especialmente determinado por el material.

Además de esto influyen también sobre la forma de las virutas las distintas condiciones de corte: procedimiento de trabajo (virutas de torneado, de fresado, de desbastado o de afinado). Forma de la herramienta (broca, espiral, fresa), sección transversal de la viruta (avance y profundidad de corte) velocidad de corte, salida o desprendimiento de virutas, medios de refrigeración y lubricación.

Las virutas no deben obstaculizar el proceso de trabajo, producir accidentes, taponar las herramientas, ni tampoco ocupar demasiado espacio. Se obtienen virutas con forma ventajosa (por ejemplo, virutas en bucle que se quiebren en trozas cortos) haciendo, entre otras cosas, que el afilado de la herramienta tenga una forma especial (ranuras rompe virutas, escalones guías de la viruta) o también mediante formadores de virutas aplicados al útil.

Esfuerzos de corte

En la formación de las virutas se presentan fuerzas de deformación de cortadora (o cizallamiento) y de fricción. Estas fuerzas exigen un adecuado esfuerzo de accionamiento (esfuerzo motor) y determinan las dimensiones de los elementos constructivos que constituyen la máquina herramienta.

El rozamiento, la fricción, se produce por ejemplo en las superficies de ataque y de incidencia de la parte del rozamiento que se produce en la superficie de incidencia vale casi la tercera parte del esfuerzo total de corte. Esto nos aclara también el porqué del gran desgaste que experimenta la superficie de incidencia.

Las fuerzas de corte no son de la misma magnitud en cada momento, sino que oscilan alrededor de un valor medio (fuerzas oscilantes). La diferencia entre los valores máximos y los mínimos tanto menor cuanto mayor sea la velocidad.

Desgaste de la herramienta

En virtud del continuo deslizamiento del material sobre la superficie de incidencia o de la de ataque se van raspando partículas del material de la herramienta. Con ella se modifica la forma del filo. Una temperatura de corte elevada por fusión entre la viruta que se va desprendiendo y el material de la herramienta. A veces intervienen las vibraciones que, por ejemplo, llevan el metal duro a la formación de finísimas grietas y al desportillamiento del filo. También pueden favorecer el proceso la aparición de fenómenos de fatiga del material del filo y las muy acusadas diferencias de temperatura que originan grietas en el filo.

Como consecuencia del embotamiento del filo se presenta un crecimiento brusco en el torneado de la presión de avance, en el taladrado de la presión de avance y del momento de giro y en el pesado de la presión de corte vertical.

En las superficies de corte se observan a veces partes brillantes como pulidas por frenado y efectos de recodado. Las virutas se producen con forma irregular y en parte resultan arrancadas por magullamiento. La superficie de las piezas resulta poco limpia. Como consecuencia se eleva notablemente el consumo de potencia de la máquina. Un embotamiento demasiado fuerte sobrecarga excesivamente los soportes y las guías.

Pero no siempre se deja que la herramienta se embote completamente, por ejemplo, para no tener que afilar demasiado. En el caso del afinado, se considera ya embotado el útil cuando la limpieza de la superficie obtenida deja que desear o cuando resulte ya difícil mantener en la pieza la exigida precisión.

2.6 MATERIALES PARA LAS HERRAMIENTAS

Exigencias en cuanto al material de filo. El filo del útil tiene que penetrar en el material; para ello no debe romperse y cuando la temperatura de corte es elevada (velocidad de corte) no debe perder la dureza y debe desgastarse tan poco como sea posible. Se exigen, por lo tanto: dureza, tenacidad, dureza en caliente (resistencia de revenido) y resistencia al desgaste.

Elección del material de las cuchillas

Los puntos de vista para la elección son por ejemplo la aplicación (procedimiento de trabajo, material del útil) la forma del útil (cuchilla de torno, mancho de roscar, fresa escariador), la potencia exigida (velocidad de corte duración, cantidad de viruta producida) la economía (costo útil, costo de jornales, etc.).

Como material para cuchillas entran en consideración:

1. Aceros de herramientas sin alear.
2. Acero de herramientas de baja aleación.
3. Aceros de herramientas de alta aleación (aceros rápidos).
4. Materiales duros.
5. Materiales de corte cerámicos.
6. Diamantes.

Aceros de herramientas sin alear (aceros al carbono). El componente aleado es casi solo el carbono (0.8... 1,5%). La dureza alcanza pocos milímetros de profundidad. Por esta razón el reafileado de la herramienta resulta solo limitadamente posible si no va seguido de un nuevo templeado. Puede sin embargo actuar ventajosamente el núcleo que permanece tenaz. Al templear la

herramienta (generalmente en agua) es fácil que aparezcan grietas debidas a tensiones o también que se presente una deformación del útil. Como la dureza en caliente solo tiene a los 250 °C, estos aceros resisten únicamente pequeñas velocidades de corte. Las calidades se diferencian en grado de pureza clase de fusión, cementación, etc.

Aceros de herramientas de baja aleación. Los componentes aleados son además del carbono, especialmente manganeso, silicio, wolframio, cromo, vanadio, molibdeno y níquel. Con estos elementos se mejoran en especial la tenacidad y la consistencia del filo. El templado se hace en aceite en agua o en aire. Los medios suaves de templado disminuyen el peligro de grietas de temple o deformaciones, pero aumentan la profundidad del temple. La dureza en caliente llega los 200°... 300°C.

Aceros para herramientas fuertemente aleados. La gran dureza en caliente (hasta 600°C) se facilita en virtud del elevado contenido del wolframio(tungsteno). El wolframio forma carburo con el carbono del acero. El cromo (aprox 4 %) ayuda a la formación de carburo. Este exige elevada temperatura de temple (hasta 1350°C) y un recocido repetido a temperaturas elevadas (hasta de 600 °C).

Mediante pequeñas adiciones de vanadio o de molibdeno puede ahorrarse wolframio. El cobalto eleva de modo notable la conductibilidad térmica y la dureza a temperaturas elevadas.

Acero de Alta Velocidad (HSS): Este material es comúnmente utilizado para cuchillas de cepillo debido a su alta resistencia al desgaste y su capacidad para mantener el filo a altas temperaturas.

Carburo de Tungsteno: Las cuchillas de carburo son más duraderas y resistentes al desgaste que las de acero, lo que las hace ideales para aplicaciones de alta producción y mecanizado de materiales duros.

Acero al Carbono: Utilizado en algunas cuchillas de lima, este material es más fácil de afilar, pero puede desgastarse más rápidamente que el HSS o el carburo.

Geometría de las Cuchillas

Ángulo de Corte: El ángulo de la cuchilla influye en la eficiencia del corte y en la calidad de la superficie mecanizada. Un ángulo de corte adecuado permite un mejor deslizamiento y menor resistencia durante el mecanizado.

Forma de la Cuchilla: Las cuchillas pueden tener diferentes formas (rectas, curvas, etc.) según la aplicación. Por ejemplo, las cuchillas de cepillo suelen ser rectas, mientras que las limas pueden tener formas variadas para adaptarse a diferentes perfiles.

Aplicaciones de Cuchillas para Cepillar y Limar

Industria Metalúrgica: Las cuchillas son ampliamente utilizadas en la fabricación de piezas metálicas, donde se requiere precisión y calidad en el mecanizado.

Mantenimiento y Reparación: En talleres de mantenimiento, las cuchillas de lima son esenciales para ajustar y reparar piezas, asegurando un buen acabado.

2.7 CUCHILLAS PARA CEPILLAR Y LIMAR

Las cuchillas para cepillar y limar son herramientas de corte utilizadas en procesos de mecanizado para eliminar material de una pieza de trabajo, logrando superficies planas, ranuras o formas específicas. Estas herramientas son esenciales en la fabricación de piezas metálicas y en la mejora de la calidad superficial.

Tipos de Cuchillas

Cuchillas de Cepillo: Estas cuchillas están diseñadas para el proceso de cepillado, donde se utilizan para eliminar material de manera controlada. Pueden ser de diferentes formas y tamaños, dependiendo de la aplicación específica.

Cuchillas de Lima: Las limas son herramientas de corte manual que se utilizan para dar forma y suavizar superficies. Las cuchillas de lima tienen una superficie abrasiva que permite eliminar material de manera más fina y precisa.

Entran en juego cuchillas como las que se usan habitualmente para torneear. Las denominaciones son también las mismas que en el útil de torneear.

Las ranuras se ejecutan con cuchillas de tronzar rectas o curvas. Para formas curvadas se usan cuchillas con un perfil adecuado.

La sección transversal de las cuchillas tiene que estar proporcionada a los grandes esfuerzos de corte que se presentan en las máquinas de cepillar.

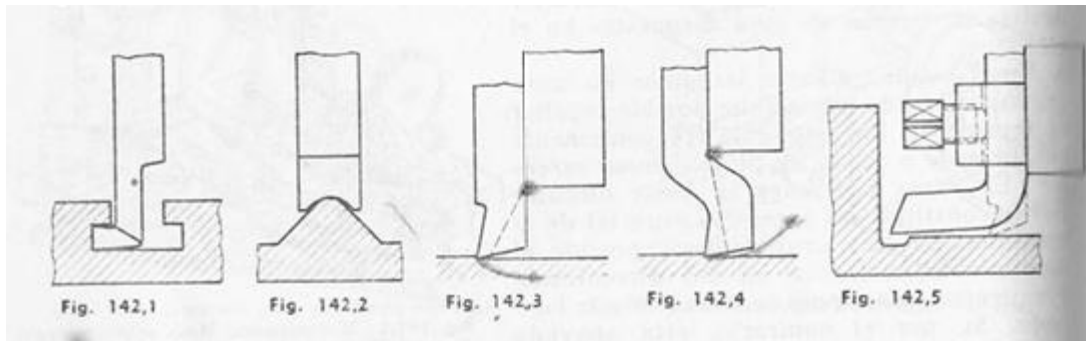


Ilustración 9: Formas de cuchillas

Fig. 142,1. Útil de tronzar curvado en ángulo recto.

Fig. 142,2. Útil de forma

Fig. 142,3 Cuchilla sin acodar

Fig. 142,4 Cuchilla acodada hacia atrás.

Fig. 142,5 Cuchilla acodada hacia adelante.

Walter Bartsch (1983) Herramientas, Maquinas Trabajo. P143.

Los útiles rectos flexan fácilmente introduciéndose en la superficie de trabajo. Especialmente para el afinado se emplean muchos los útiles acodados hacia atrás.

Los útiles acodados hacia adelante se hincan con extraordinaria facilidad en la superficie de trabajo. Para muchos trabajos son sin embargo indispensables con objeto, por ejemplo, de que los tornillos de sujeción del portátil no tropiecen.

La gran fatiga a que están sometidos los útiles exige que estén sujetos firmemente y de modo seguro, que sobresalgan lo menos posible del portátil y que se apoyen bien. La cuchilla no debe poder hincarse en la pieza al flexar.

Para sujeción de las cuchillas se utilizan estribos de sujeción que se introducen en ranuras en forma de T. De este modo pueden sujetarse también varios útiles. En las limadoras se emplea frecuentemente para trabajos ligeros un portátil constituido en forma cerrada.

2.8 SUJECCIÓN Y HERRAMIENTAS DE SUJECCIÓN

La sujeción se refiere al proceso de fijar una pieza de trabajo en una máquina herramienta para realizar operaciones de mecanizado. Una sujeción adecuada es crucial para garantizar la precisión, la seguridad y la calidad del producto final.

Importancia de la Sujeción

Precisión: Una sujeción firme y estable permite que la herramienta de corte opere con precisión, reduciendo el riesgo de errores en las dimensiones de la pieza.

Seguridad: Una sujeción inadecuada puede provocar que la pieza se desplace durante el mecanizado, lo que puede resultar en accidentes y daños a la máquina.

Calidad del Acabado: La forma en que se sujeta una pieza influye en la calidad del acabado superficial. Una sujeción inadecuada puede generar vibraciones y afectar el acabado.

Tipos de Herramientas de Sujeción

Mordazas: Utilizadas en tornos y fresadoras, las mordazas son dispositivos que sujetan la pieza de trabajo mediante un sistema de apriete. Pueden ser manuales o automáticas.

Placas de Sujeción: Estas placas se utilizan para fijar piezas de trabajo en máquinas de fresado. Permiten una sujeción versátil y son adecuadas para diferentes formas de piezas.

Garras: Utilizadas en tornos, las garras permiten sujetar piezas cilíndricas y son ajustables para adaptarse a diferentes diámetros.

Dispositivos de Sujeción Magnética: Utilizados en fresadoras y rectificadoras, estos dispositivos utilizan imanes para mantener la pieza en su lugar, proporcionando una sujeción rápida y efectiva.

Sistemas de Sujeción Modular: Estos sistemas permiten una gran flexibilidad y adaptabilidad, utilizando componentes intercambiables para diferentes configuraciones de sujeción.



Ilustración 10: Prensa de sujeción.

Principios de Sujeción

Distribución de Fuerzas: La forma en que se distribuyen las fuerzas de sujeción es fundamental para evitar deformaciones en la pieza de trabajo. Una sujeción uniforme ayuda a mantener la integridad de la pieza.

Estabilidad: La estabilidad de la sujeción es crucial para evitar vibraciones durante el mecanizado. Las herramientas de sujeción deben ser capaces de resistir las fuerzas generadas durante el corte.

Métodos de Sujeción

Sujeción Mecánica: Utiliza dispositivos como tornillos, tuercas y mordazas para fijar la pieza de trabajo.

Sujeción Hidráulica: Utiliza presión hidráulica para sujetar la pieza, permitiendo un apriete uniforme y controlado.

Sujeción Neumática: Similar a la sujeción hidráulica, pero utiliza aire comprimido. Es común en aplicaciones automatizadas.

Sujeción por Vacío: Utiliza la presión negativa para mantener la pieza en su lugar, ideal para piezas planas y ligeras.

Aplicaciones de Herramientas de Sujeción

Industria Metalúrgica: Las herramientas de sujeción son esenciales en la fabricación de piezas metálicas, donde se requiere precisión y repetibilidad.

Mecanizado de Precisión: En aplicaciones donde se requiere alta precisión, como en la fabricación de componentes electrónicos o aeroespaciales, la sujeción adecuada es crítica.

Prototipado Rápido: En la fabricación de prototipos, las herramientas de sujeción permiten realizar ajustes rápidos y eficientes.

Sobre la sujeción de las piezas para el cepillado se puede decir lo mismo que lo indicado en el caso del fresado. Para las grandes piezas que han de sujetarse en las máquinas cepilladoras de mesa se usan predominantemente tornillos o pernos de sujeción.

En las piezas grandes es donde se presenta principalmente el peligro de la deformación. Hay que comprobar muy cuidadosamente el modo de apoyarse la pieza sobre la mesa de trabajo. Las partes huecas hay que calzarlas. La pieza no debe flexar de ningún modo.

Todos los tornillos tienen que apretarse por igual.

Especialmente en los casos en que la pieza no puede ser firmemente sujeta, se asegura contra el deslizamiento que puede producir la presión de corte, aplicando elementos transversales, o análogos, para acodarla. Cuando las superficies de contacto son muy lisas se intercala entre el perno de fijación y la pieza una tira de papel para aumentar el rozamiento.

Con objeto de aprovechar toda la longitud de mesa o toda la carrera se suelen poner varias piezas unas detrás de otras.

Ajuste de la herramienta

Son usuales los siguientes modos de proceder:

1. Utilizar escalas que lleva incorporada la maquina (discos de división en grados).
2. Empleo de calibres normales de caras paralelas.
3. Seguir el trazado realizado en la pieza.
4. Seguir una plantilla.
5. Utilizar instrumentos de medida, por ejemplo, calibres.

Hay que tener cuidado de no hacer que el carro portaherramientas sobresalga demasiado pues con ello podrían quedar determinadas piezas de la maquina desfavorablemente solicitadas.

Ajuste del bloque portaherramientas

El bloque portaherramientas tiene que ser ajustado siempre de tal modo que la cuchilla al retroceder la maquina pueda levantarse con facilidad y después en la carrera activa vuelva a tomar su posición de trabajo. En el cepillado transversal el bloque portaherramientas tiene posición perpendicular a la superficie de trabajo.

Para el cepillado oblicuo el carro portaherramientas es girado el ángulo necesario pero el bloque portaherramientas basculante se coloca para el cepillado oblicuo exterior tan normal como se pueda y para el cepillado oblicuo interior en cambio se le hace girar en un ángulo suplementario.

2.8 CARRERA DE TRABAJO Y CARRERA EN VACÍO AL CEPILLAR

El recorrido total L para una carrera se compone de la longitud de la pieza o de la longitud bruta de la pieza l , más el valor de la anticipación en la entrada l_a más el valor de la salida l_u .

$$L = l + l_a + l_u$$

Ecuación 1:recorrido total.

Para una carrera doble L_D es decir para las carreras de trabajo y de retroceso juntas se tiene:

$$L_D = 2 \cdot L$$

Ecuación 2:carrera doble.

Velocidad de corte y velocidad de retroceso

La velocidad de corte se refiere a la velocidad a la que la herramienta de corte se mueve a través del material de la pieza de trabajo. Se expresa generalmente en metros por minuto (m/min) o pies por minuto (ft/min). Es un parámetro crítico en los procesos de mecanizado, ya que influye directamente en la eficiencia del corte y la calidad del acabado superficial.

Factores que Afectan la Velocidad de Corte

Material de la Pieza: Diferentes materiales requieren diferentes velocidades de corte. Por ejemplo, los metales duros requieren velocidades más bajas en comparación con materiales más blandos.

Tipo de Herramienta de Corte: Las herramientas de corte de alta velocidad (HSS) y las de carburo tienen diferentes capacidades de corte y, por lo tanto, diferentes velocidades óptimas.

Condiciones de Mecanizado: Factores como la refrigeración, el tipo de operación (torneado, fresado, perforado) y la geometría de la herramienta también afectan la velocidad de corte.

Definición de Velocidad de Retroceso

La velocidad de retroceso se refiere a la velocidad a la que la herramienta de corte se mueve hacia atrás después de completar un corte. Esta velocidad es importante para la eficiencia del proceso, ya que afecta el tiempo total de ciclo de la operación de mecanizado.

Importancia de la Velocidad de Retroceso

Eficiencia del Proceso: Una velocidad de retroceso adecuada puede reducir el tiempo de ciclo, aumentando la productividad.

Desgaste de la Herramienta: Velocidades de retroceso demasiado altas pueden causar un desgaste innecesario de la herramienta y afectar su vida útil.

Calidad del Acabado: Un retroceso controlado puede ayudar a mantener la calidad del acabado superficial al evitar vibraciones o movimientos bruscos.

Puesto que la velocidad es el camino recorrido en la unidad de tiempo, se calculará del siguiente modo para el movimiento rectilíneo al cepillar (v en m/ms; L en mm):

- a) Velocidad para la carrera de trabajo (velocidad de corte):

$$v_A = \frac{L}{1000 \cdot t_A}$$

Ecuación 3: Velocidad de corte.

t_A = Tiempo invertido en la carrera de trabajo en minutos.

- b) Velocidad para la carrera en vacío (velocidad de retroceso):

$$v_R = \frac{L}{1000 \cdot t_R}$$

Ecuación 4: Velocidad de retroceso.

t_R = tiempo invertido en el retroceso en minutos.

- c) Velocidad media (v_m):

$$v_m = \frac{2 \cdot L}{1000 \cdot (t_A + t_R)}$$

Ecuación 5: Velocidad media.

- d) Si en la ecuación de c) se pone para $t_A = L/1000 \cdot v_A$ y para $t_R = L/1000$ se obtiene

$$v_m = \frac{2L}{1000 \left(\frac{L}{v_A \cdot 1000} + \frac{L}{v_R \cdot 1000} \right)} = \frac{2L}{\frac{L}{v_A} + \frac{L}{v_R}} = \frac{2L}{\frac{L(v_A + v_R)}{v_A \cdot v_R}}$$

Ecuación 6: Velocidad media.

O sea:

$$v_m = \frac{2 \cdot v_A \cdot v_R}{v_A + v_R}$$

Ecuación 7: Velocidad media.

- e) Si la relación entre la velocidad de retroceso v_R y la del movimiento de t_R bajo $v_A \cdot q = v_R/v_A$ nos es conocida, obtendremos la velocidad de corte media partiendo de la velocidad hacia adelante si en la ecuación que aparece en d) pone para v_R su valor $q \cdot v_A$:

$$v_m = \frac{2 \cdot v_A \cdot q}{1 + q}$$

Ecuación 8: Velocidad de corte media

- f) Cuando el número de las carreras dobles por minuto n_p nos es conocido la velocidad media será, en función de aquella:

$$v_m = \frac{2L \cdot n_D}{1000}$$

Ecuación 9: V_m en función de carreras por minuto.

2.9 TIEMPO PRINCIPAL AL CEPILLAR

Tiempo por cada doble carrera (t_p)

De las ecuaciones correspondientes a la velocidad de corte y la de retroceso se obtienen los tiempos invertidos en la carrera de trabajo y en la carrera en vacío:

$$t_A = \frac{L}{v_A \cdot 1000} \quad t_R = \frac{L}{v_R \cdot 1000}$$

Ecuación 10: carrera de trabajo y carrera en vacío.

El tiempo para la carrera doble (t_p) es, por lo tanto:

$$t_D = t_A + t_R = \frac{L}{v_A \cdot 1000} + \frac{L}{v_R \cdot 1000}$$

Ecuación 11:Tiempo para carrera doble

Avance y su número de las dobles carreras Z:

El avance se da en mm por cada doble carrera (s en mm/Dh).

Se obtiene el número de las dobles carreras Z, dividiendo la anchura de la pieza o de la anchura bruta de la pieza b por el avance en cada doble carrera:

$$Z = \frac{b}{s}$$

Ecuación 12:Numero de doble carreras.

Tiempo principal t_p :

El tiempo principal se calcula multiplicando el tiempo invertido en una doble carrera por el numero Z de dobles carreras necesario para mecanizar la pieza:

$$t_D = Z \cdot t_D = \frac{b}{s}(t_A + t_R) = \frac{b}{s} \left(\frac{L}{v_A \cdot 1000} + \frac{L}{v_R \cdot 1000} \right)$$

Ecuación 13:Tiempo principal de cepillado.

Si se toma como base la velocidad de corte v_m resulta la formula frecuentemente empleada:

$$t_D = \frac{b}{s} \cdot \frac{2 \cdot L}{v_m \cdot 1000}$$

Ecuación 14:Tiempo principal de cepillado.

2.10 POTENCIA DE ACCIONAMIENTO EN EL CEPILLADO

La potencia de accionamiento se refiere a la cantidad de energía que se requiere para realizar el proceso de cepillado. Esta potencia es necesaria para superar las fuerzas de corte y mantener el movimiento de la herramienta de corte. Se mide en vatios (W) o caballos de fuerza (HP).

Material de la Pieza: La dureza y la resistencia del material a mecanizar influyen en la fuerza de corte y, por lo tanto, en la potencia requerida.

Geometría de la Herramienta: La forma y el ángulo de la herramienta de corte afectan la eficiencia del corte y la potencia necesaria.

Condiciones de Mecanizado: Factores como la velocidad de corte, la profundidad de corte y el tipo de refrigerante utilizado pueden modificar la potencia de accionamiento requerida.

Estado de la Herramienta: El desgaste de la herramienta de corte puede aumentar la fuerza de corte necesaria, lo que a su vez incrementa la potencia requerida.

2.11 RELACIÓN ENTRE POTENCIA DE ACCIONAMIENTO Y EFICIENCIA DEL PROCESO

Una potencia de accionamiento adecuada es crucial para mantener la eficiencia del proceso de cepillado. Si la potencia es insuficiente, puede resultar en un corte ineficiente, vibraciones y un acabado superficial deficiente.

Por otro lado, un exceso de potencia puede llevar a un desgaste prematuro de la herramienta y a un aumento en el consumo de energía.

Efectos de la Potencia de Accionamiento en el Mecanizado

Desgaste de la Herramienta: Una potencia de accionamiento inadecuada puede aumentar el desgaste de la herramienta, afectando su vida útil y la calidad del acabado.

Calidad del Acabado: La potencia de accionamiento influye en la calidad del acabado superficial. Un corte adecuado requiere un equilibrio entre la potencia y la velocidad de avance.

Temperatura de Corte: La potencia de accionamiento también afecta la temperatura generada durante el cepillado, lo que puede influir en las propiedades del material y en el comportamiento de la herramienta.

En el cepillado y en el mortajado los esfuerzos de corte actúan siguiendo la siguiente formula:

$$P_{cv} = \frac{A \cdot k_s \cdot v}{75 \cdot 60 \cdot \eta} \quad \text{o bien} \quad P_{kw} = \frac{A \cdot k_s \cdot v}{102 \cdot 60 \cdot \eta}$$

Ecuación 15: Esfuerzo de corte.

A = sección de viruta en mm^2

K_s =esfuerzo de corte específico en kp/mm^2

V = velocidad de corte en m/min

La fuerza $F=A \cdot k_s$, se suele denominar fuerza de tracción o de arrastre. El rendimiento en cepilladoras y mortajadoras vale $n=0.65 \dots 0.85$. Este rendimiento es elevado en las máquinas dotadas de accionamiento hidráulico o eléctrico y bajo, en cambio, en las máquinas accionadas mecánicamente.

2.12 CONCENTRADOR DE ESFUERZOS

Un concentrador de esfuerzos es cualquier discontinuidad en la sección transversal de una pieza que provoca un aumento de los esfuerzos en las cercanías a dicha discontinuidad. La figura presenta algunas distribuciones de esfuerzos normales producidos por una carga axial sobre una placa de sección rectangular con cambio de sección. Si las fuerzas se aplican uniformemente sobre las caras de la placa, los esfuerzos en secciones alejadas del cambio de sección (como la A-A y la C-C) tienden a ser uniformes, mientras que en las secciones cercanas al cambio de sección el esfuerzo no se distribuye uniformemente. En la sección B-B, el esfuerzo es máximo en la inmediata vecindad del concentrador de esfuerzos y se reduce hasta un valor mínimo en la línea central de la placa.

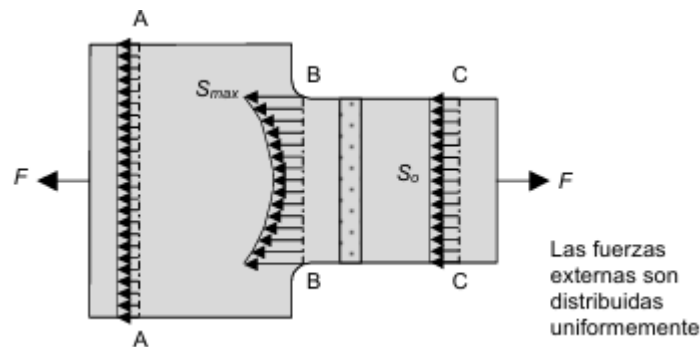


Ilustración 11: concentración de esfuerzos en una pieza escalonada

Distribuciones de esfuerzos en una placa plana de sección rectangular con cambio de sección sometida a tracción. En las secciones A-A y C-C (alejadas del cambio de sección) las distribuciones de esfuerzos son aproximadamente uniformes. En la sección B-B el esfuerzo no se distribuye uniformemente

De las secciones A-A y C-C, la más crítica es la C-C ya que el área es menor y, por lo tanto, el esfuerzo es mayor. Si no se tuviera en cuenta el efecto de concentración de esfuerzos, la sección más crítica sería la C-C (o una similar). El esfuerzo en la sección crítica, denominado esfuerzo nominal, está dado por $S_o = F/AC$, donde AC es el área en la sección más pequeña o crítica, C-C para el ejemplo de la figura 3.28. Debido a que existe un efecto de concentración de esfuerzos, el esfuerzo máximo, S_{max} , es diferente a S_o y podría ser necesario para el diseño.

En el segundo grupo de concentradores de esfuerzos, una cuestión muy común está relacionada con la diferencia en el efecto que tiene el tipo de carga en una flecha circular y una barra rectangular con agujeros circulares centrales, ya que la concentración de esfuerzos varía de acuerdo a la posición del agujero y se nota más susceptibilidad por parte de la barra rectangular.

Donde hay ángulos afilados, cuñeros o elementos similares, el valor teórico de la concentración de esfuerzos puede ser muy alto, y por esta razón la teoría debería corregirse para radios pequeños de curvatura. Bajo carga repetitiva, sin embargo, los elementos afilados como ángulos, cuñeros pueden ser perjudiciales. Las concentraciones de esfuerzos más grandes se darán donde la penetración en el elemento es mayor, como son cuñeros profundos, mientras que el radio de curvatura y el ángulo son pequeños. (figura 3).

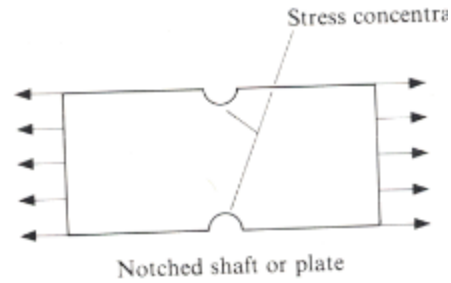


Ilustración 12: Ranura de concentración de esfuerzos

La concentración de esfuerzos en presencia de surcos produce el efecto de un patrón de esfuerzos combinados, disminuyendo el esfuerzo cortante, por ejemplo, en un elemento cilíndrico con dichos surcos. Este efecto resulta en una fractura de copa y cono en un ensayo a tensión, es decir, un material dúctil presenta fractura frágil en el centro.

2.13 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

El método en cual se guiará este proyecto es el de una Investigación aplicada Este tipo de investigación se enfoca en encontrar estrategias para lograr un objetivo específico y ponerlo en práctica.

Andrés Muguira “Tipos de Investigación y sus características”.

Dado que nuestro proyecto de graduación está enfocado en la adaptación constructiva de un cepillo mecánico que será restaurado por el grupo la metodología de trabajo está orientada al ámbito investigativo en el área técnica de Diseño de elementos de máquinas ,para poder obtener los parámetros y datos obligados para poder operar eficientemente un cabezal amortajador para que cumpla una sola función de maquinado de ranuras, investigando así en los libros “Diseño de elementos de máquinas” de Libardo Vanegas o “Herramientas , Maquinas, Trabajo” de Bartsch para aprender la información necesaria para llevar a cabo la puesta en marcha y finalización satisfactoria de la maquina “Cepillo Mecánico” .

Técnicas.

Lectura: Comprensiva y filtrando las ideas principales referentes a medidas y técnicas de manufacturado que nos permitan fabricar las piezas necesarias y acoplarse en la máquina.

Metrología: Tomar medidas estrictas de la máquina, y sus componentes a fabricar.

Diseño: Dibujos técnicos con cotas en software para que sean guías en las hojas de trabajo.

Torneado: Para fabricación de piezas cilíndricas que requiera la reconstrucción de la máquina.

Fresado: Para fabricación de piezas rectangulares y geometrías planas requeridos para la reconstrucción de la máquina.

Soldadura: Servirá para hacer uniones mecánicas de alta resistencia que necesite la modificación del cepillo mecánico.

Redacción: Escribir las ideas de una manera lógica y ordenada para hacer un reporte final del proceso del proyecto “Fabricación de cepillo mecánico”.

Rentabilidad del proyecto: Demostración a través de un presupuesto que el proyecto es rentable financieramente en comparación directa al costo de un cepillo mecánico comprado o alquilado para el laboratorio de la universidad.

Valor futuro: Para conocer cuánto valor ganará el proyecto a través del tiempo.

Variables

Variables por vencer:

-Restaurar cepillo mecánico en base a medidas obtenidas por metrología para adaptar una prensa donde se sujetan las piezas a trabajar.

-Adaptación de una mesa desplazadora en base a las medidas con los materiales ya definidos.

-Modificación de base de motor para adaptar un motor de 220v al sistema de transmisión.

-Conectar el circuito eléctrico de la máquina con normas de seguridad y de manera eficiente.

-Documentación, redacción y presentación de un informe final con todos los elementos referentes al proyecto, Dibujos con cotas y medidas, presupuesto, listado de materiales, horas hombre en tiempo de ejecución de proyecto, bitácora de ejecución de proyecto, proceso de manufactura y otras etapas del proyecto.

-Defensa final de proyecto de graduación para que esta bien presentada y pueda ser realizada correctamente, se dé por aprobado el proyecto de graduación.

-Elaborar guía de practica de laboratorio donde se tiene que explicar los pasos necesarios para poner en marcha el cepillo mecánico, las medidas y precauciones de seguridad, la secuencia de acciones a hacer para poder obtener el resultado deseado, medición de pieza para verificar científicamente si un mecanizado está bien realizado o no.

Herramientas:

- Método de investigación aplicada como metodología de trabajo para el proyecto de graduación
- Acceso a libros de ingeniería mecánica
- Acceso a material académico en la web
- Disponibilidad de herramientas y equipo de obra de banco.
- Disponibilidad de uso de torno para procesos de torneado requeridos para el proyecto.
- Acceso a taller con fresadora para que se puedan mecanizar las piezas de fresadora, pero con tiempo de programación.
- Computadora con paquetería de office.
- Conocimiento técnico y método didáctico del asesor.

CAPITULO 3: PROCESO RESTAURATIVO DEL CEPILLO

MECÁNICO

3.1 ESPECIFICACIONES MÉTRICAS DEL CEPILLO MECÁNICO.

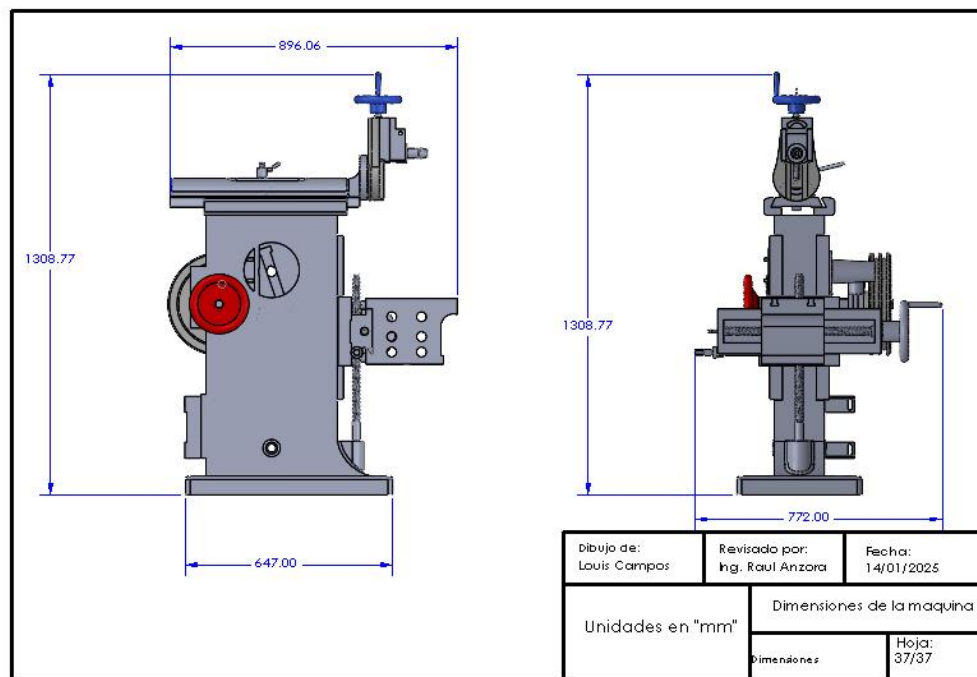


Ilustración 13: Dimensiones de altura ancho y largo máximo del cepillo en mm.

Altura máxima de la maquina:	131 centímetros
Largo total:	89.6 centímetros
Ancho total:	77.2 centímetros

3.2 RESTAURACIÓN DE CEPILLO MECÁNICO

No	FOTO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO
1		Desmontaje del Cepillo Mecánico Se Desmonto cuidadosamente todas las partes del cepillo mecánico, incluyendo la base, el motor, la mesa y los mecanismos de avance. Este proceso se realizó siguiendo un orden lógico para evitar la pérdida de piezas. Clasificar y etiquetar cada componente para facilitar la limpieza y posterior ensamblaje.
2		Lijado y Restauración: Se llevó a cabo un lijado exhaustivo de las superficies metálicas para eliminar el óxido y las imperfecciones, preparando

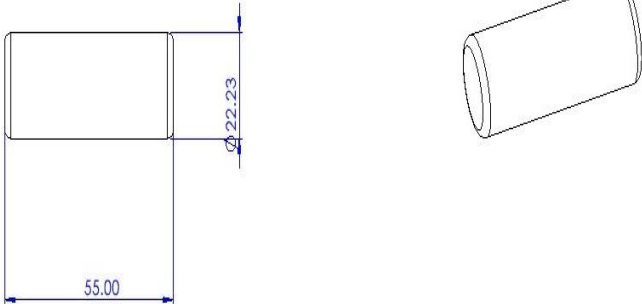
		las piezas para su posterior tratamiento y pintura.
3		Reparación de Manivela: Se realizó la reparación de la manivela de despliegue horizontal, asegurando su correcto funcionamiento y ajuste.
4		Fabricación de Espárrago de Doble Rosca: Se fabricó un espárrago de doble rosca, utilizando técnicas de torneado y fresado para garantizar la precisión en las dimensiones.

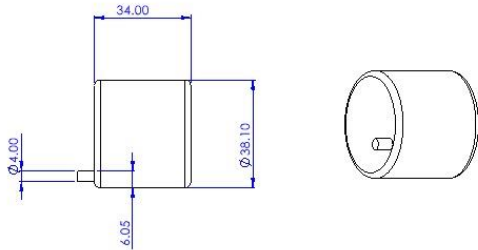
5		Fabricación de Tuerca en Hierro Fundido: Se procedió a la fabricación de una tuerca en hierro fundido, que fue esencial para el ensamblaje de la máquina.
6		Fabricación de Pin Cónico con Rosca de 10 mm: Se fabricó un pin cónico con rosca de 10 mm, que fue utilizado en el mecanismo de sujeción de la máquina.
7		Conexión Eléctrica del Motor: Se realizó la conexión eléctrica del motor, asegurando que todos los componentes eléctricos estuvieran correctamente instalados y funcionando.

8		Pintura de Piezas en General: Todas las piezas restauradas fueron pintadas para protegerlas de la corrosión y mejorar su apariencia estética.
9		Engrase: Se llevó a cabo un engrase completo de los componentes móviles para asegurar un funcionamiento suave y eficiente.

10		Toma de Medidas para Planos de Armado de Máquinas: Se tomaron medidas precisas de todas las piezas para la elaboración de planos
11		Elaboración de Guarda de Seguridad: Se diseñó y fabricó una guarda de seguridad para proteger a los usuarios durante la operación de la máquina.

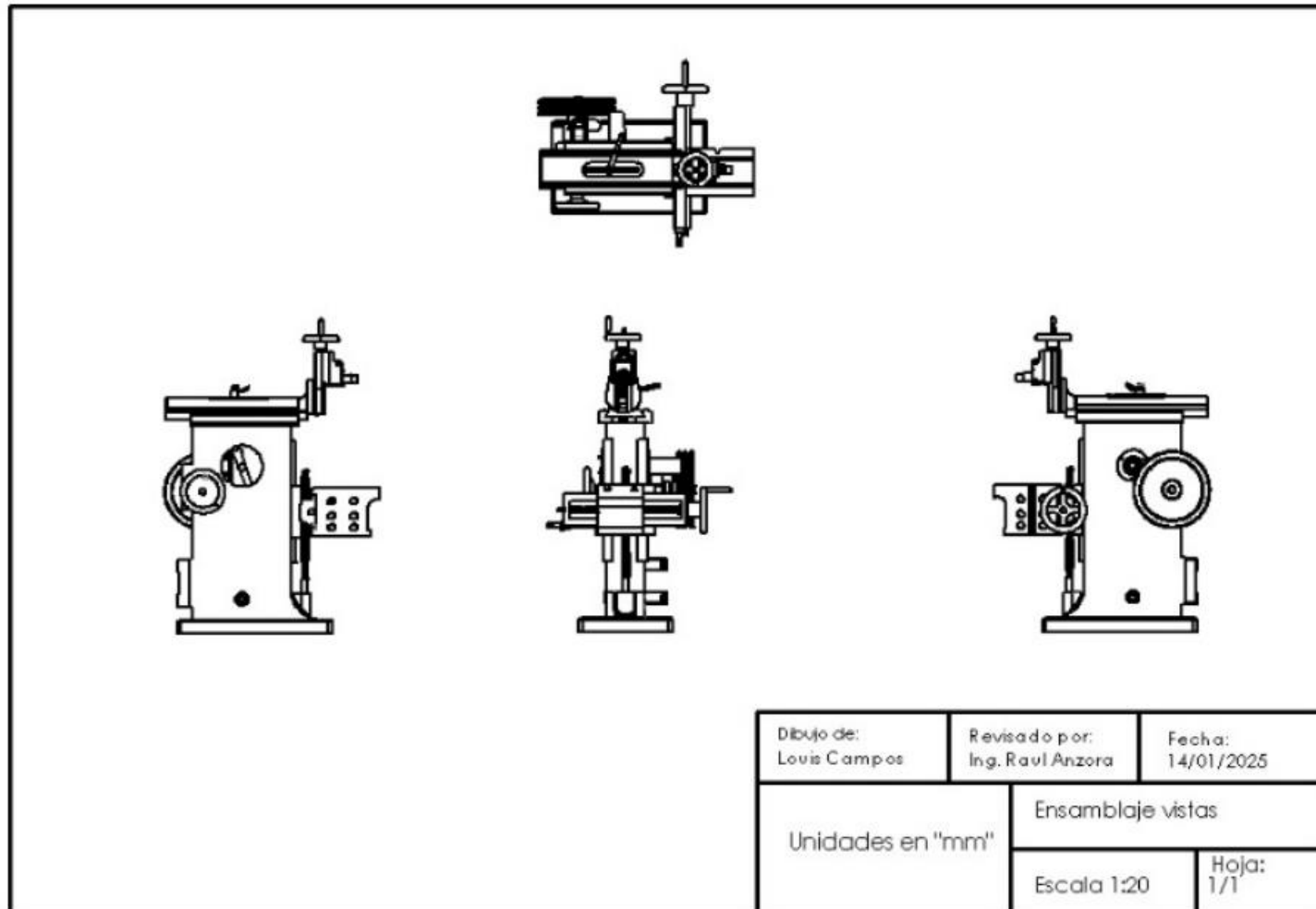
12		Compra e Instalación de Motor Nuevo: Se llevó a cabo la compra de un motor nuevo que cumplió con las especificaciones necesarias para el funcionamiento del cepillo mecánico, seguido de su instalación adecuada.
----	---	--

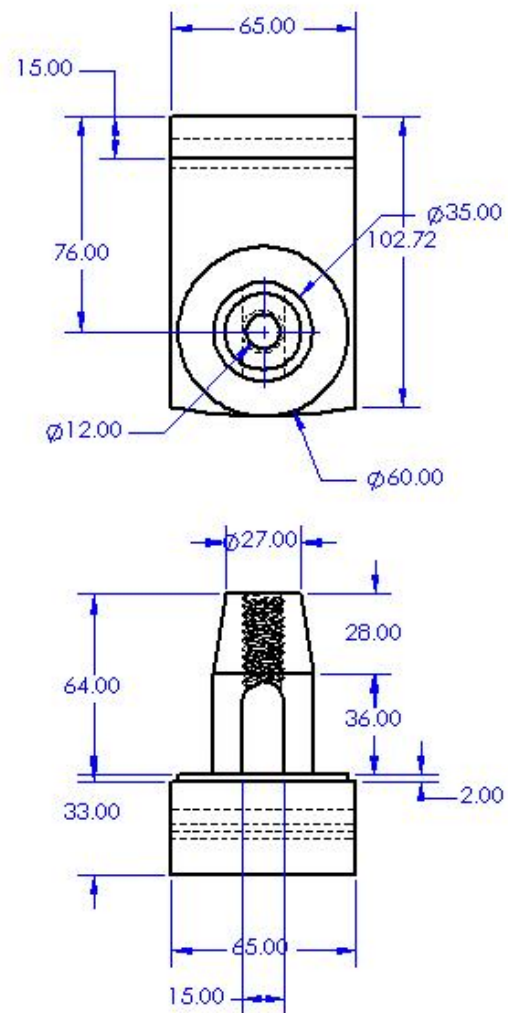
13		Eje de pivote de 7/8: Se fabricó un eje de 7/8 de pulgada para la sujeción del carnero.
----	---	--

14		Eje de 1 1/2 para Clutch: Se fabricó un eje de 1 1/2 pulgadas que permitió el correcto funcionamiento del clutch.
15		Compra e Instalación de Correas: Se compraron e instalaron correas adecuadas para el funcionamiento del motor y la máquina.

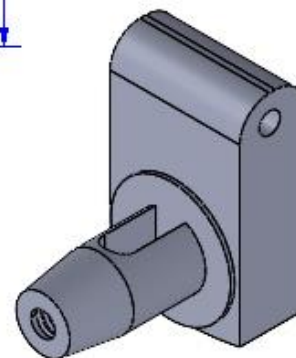
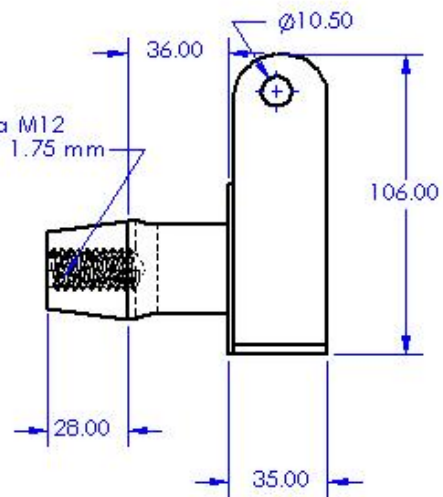
16		Logística de Transporte: Se planificó y ejecutó la logística necesaria para el transporte del cepillo mecánico
17		Prueba de Máquina: Una vez completada la restauración, se realizó una prueba de funcionamiento para verificar que todas las partes operaran correctamente.

3.3 PLANOS MECÁNICOS DEL CEPILLO MECÁNICO

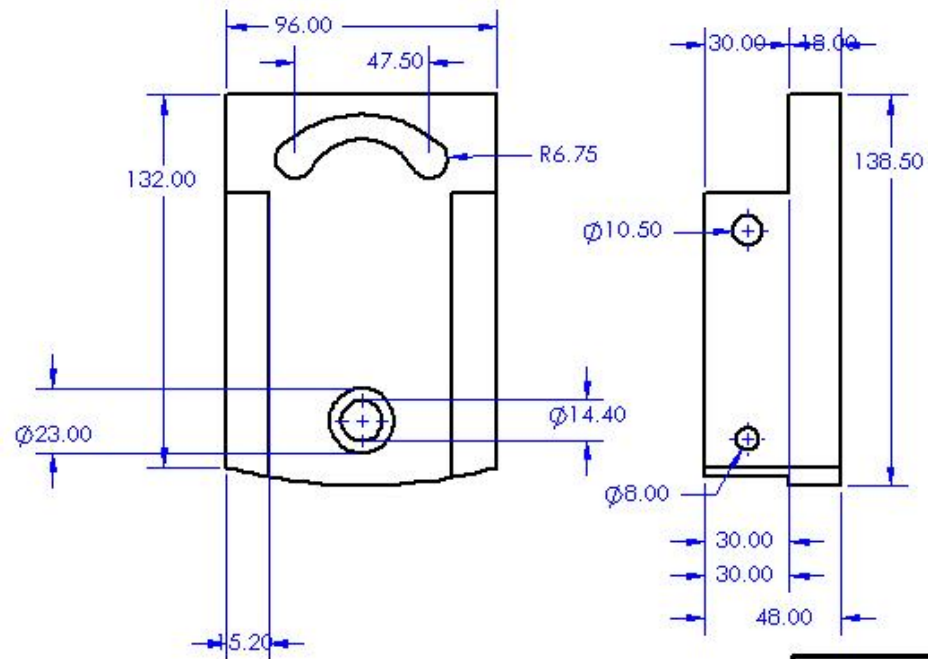




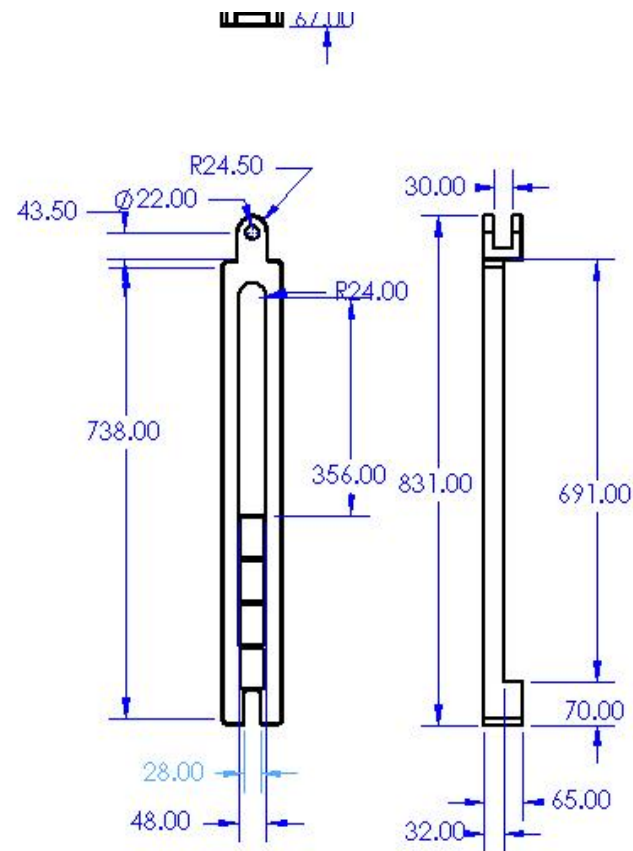
Rosca M12
Paso: 1.75 mm



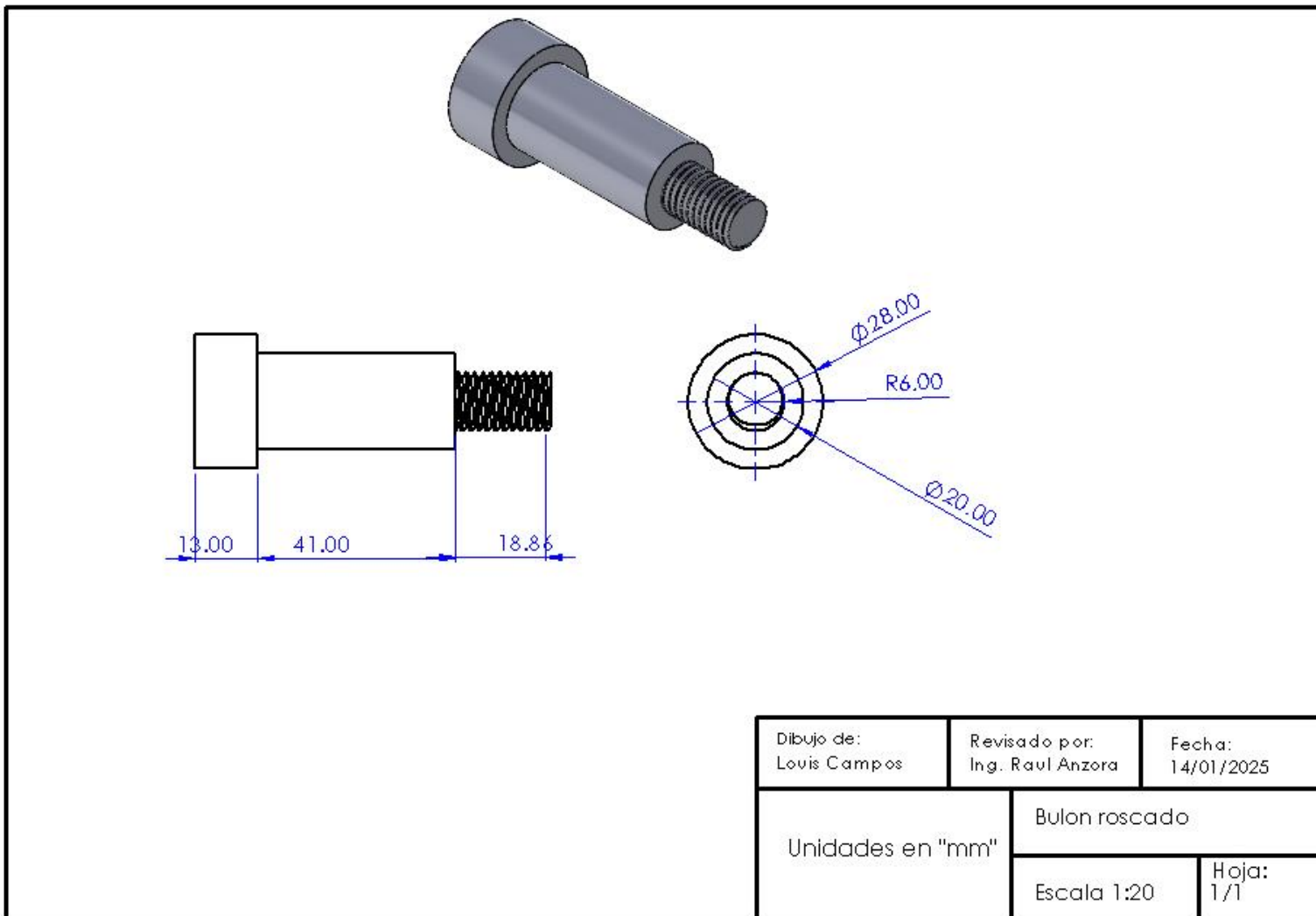
Dibujo de: Luis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Base para buril
Base de buril		Hoja: 21/21

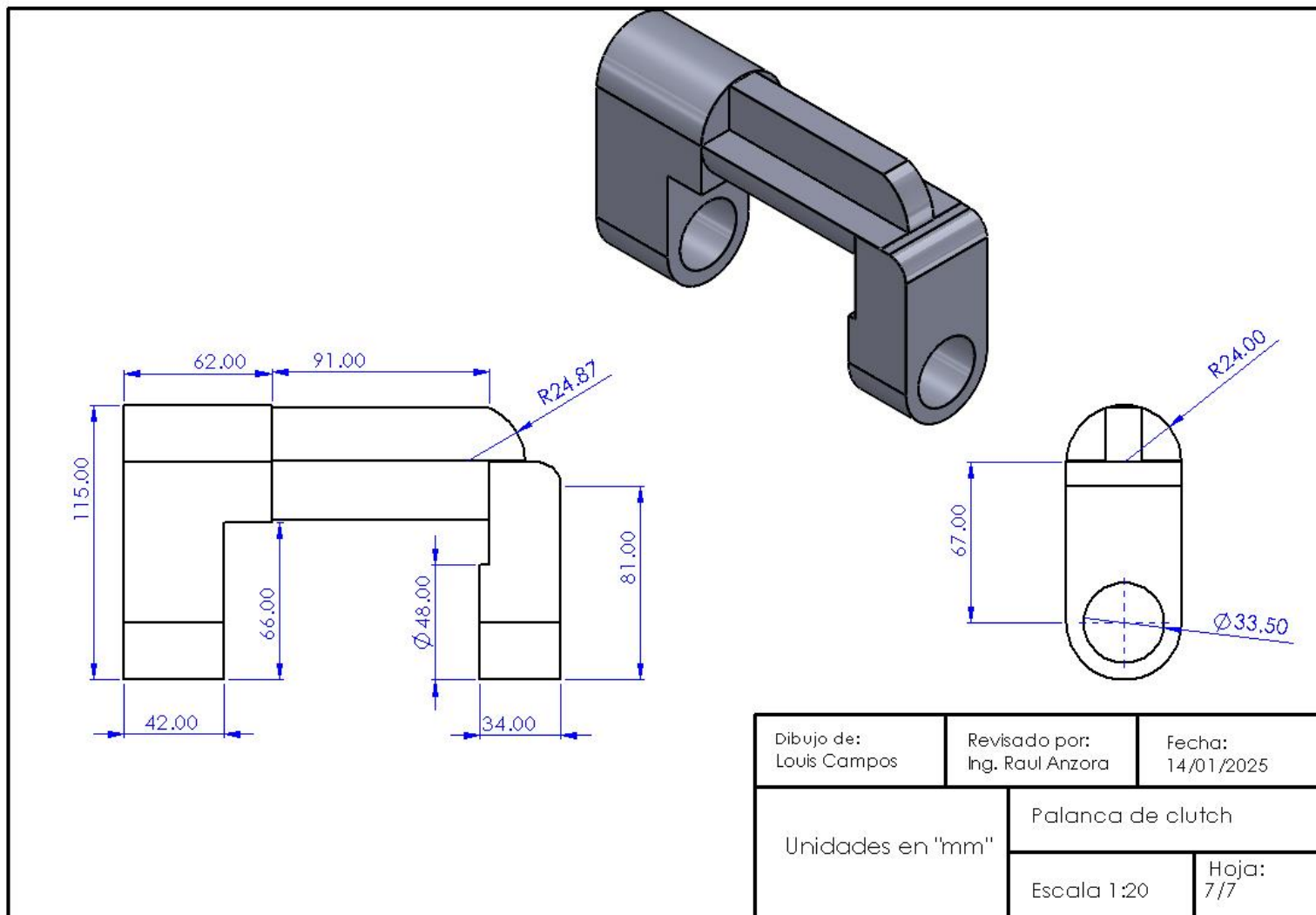


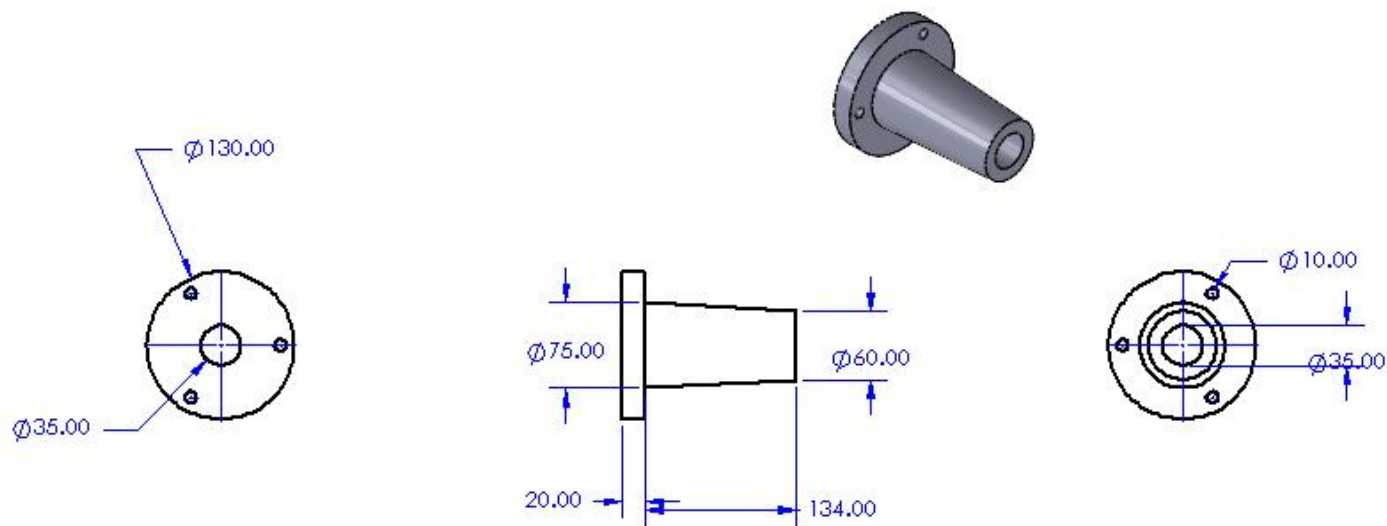
Dibujo de: Luis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Base para herramienta	
	Escala 1:20	Hoja: 3/3



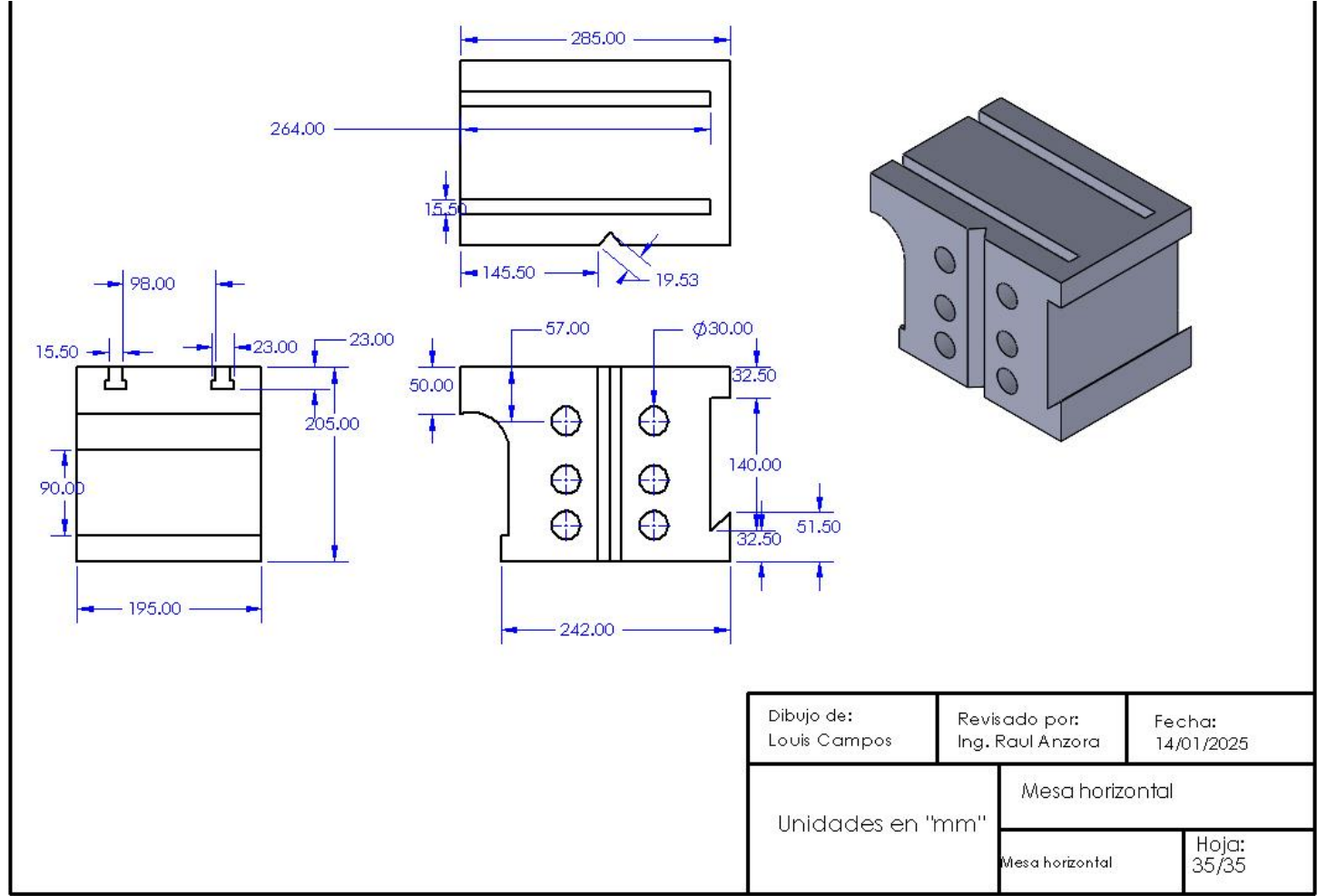
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Biela principal	
	Escala 1:20	Hoja: 5/5

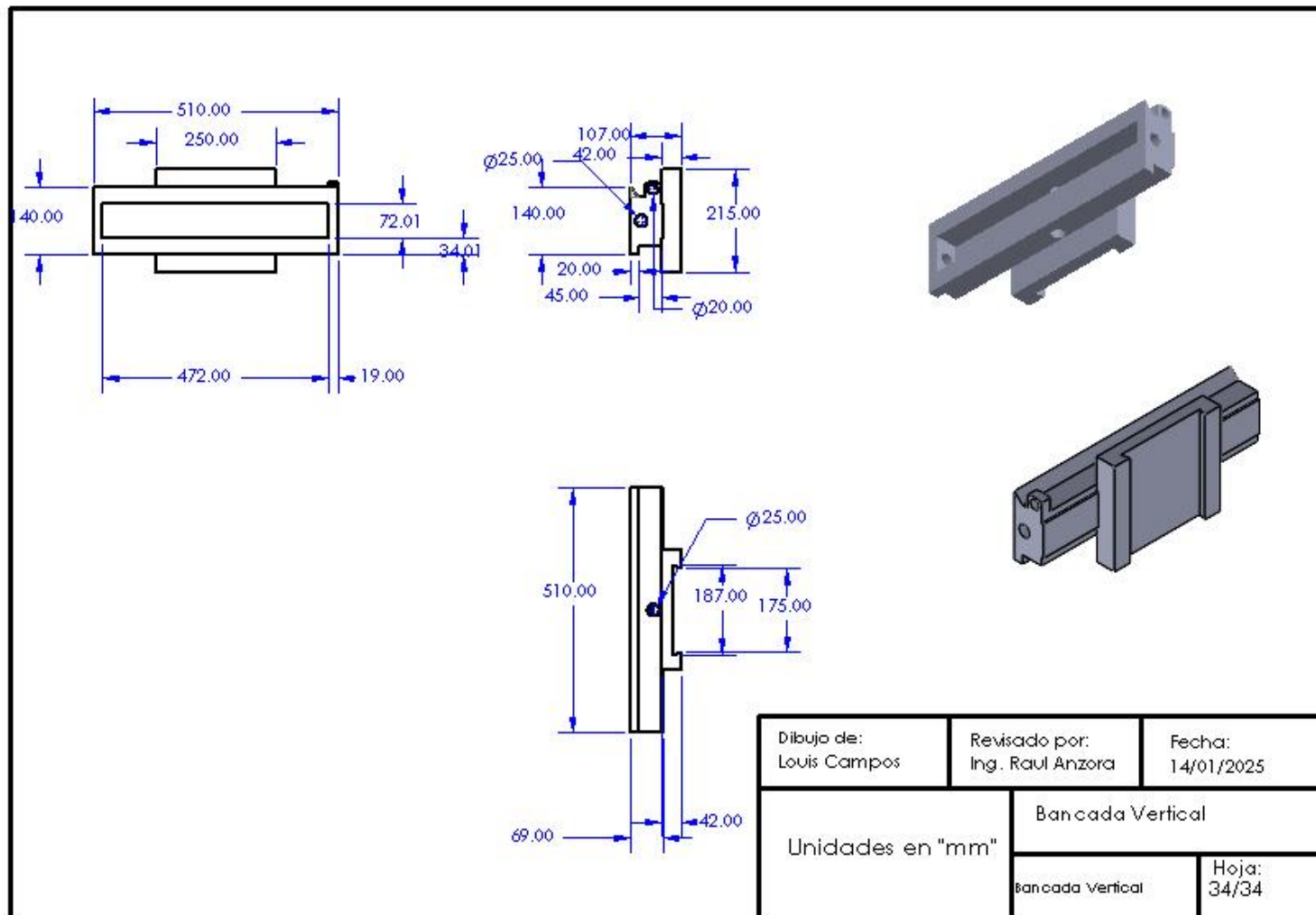


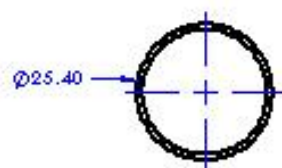
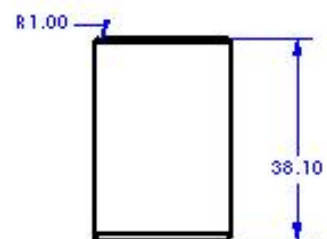




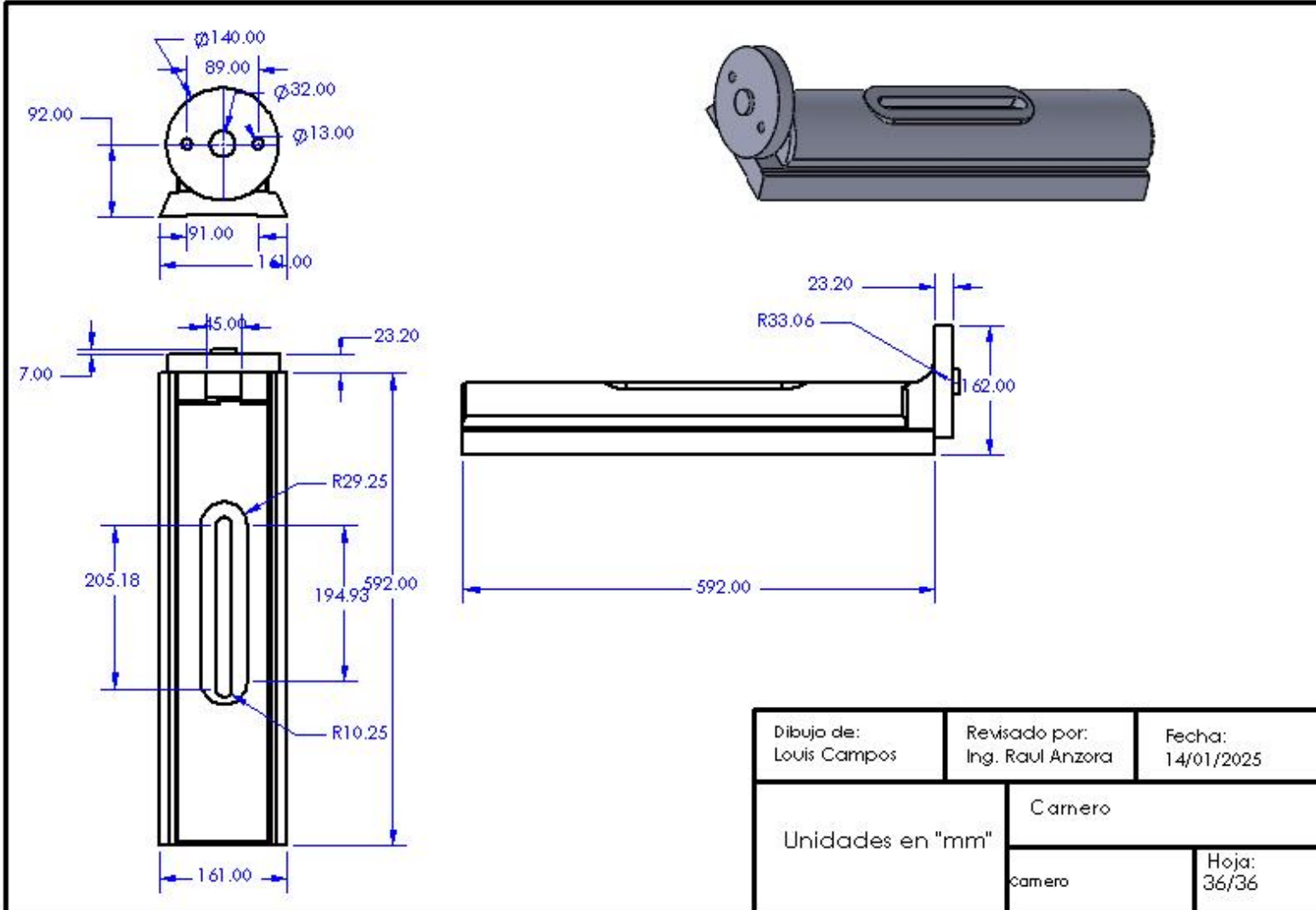
Dibujo de: Luis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Cono de eje principal	
	Cono eje principal	Hoja: 6/6

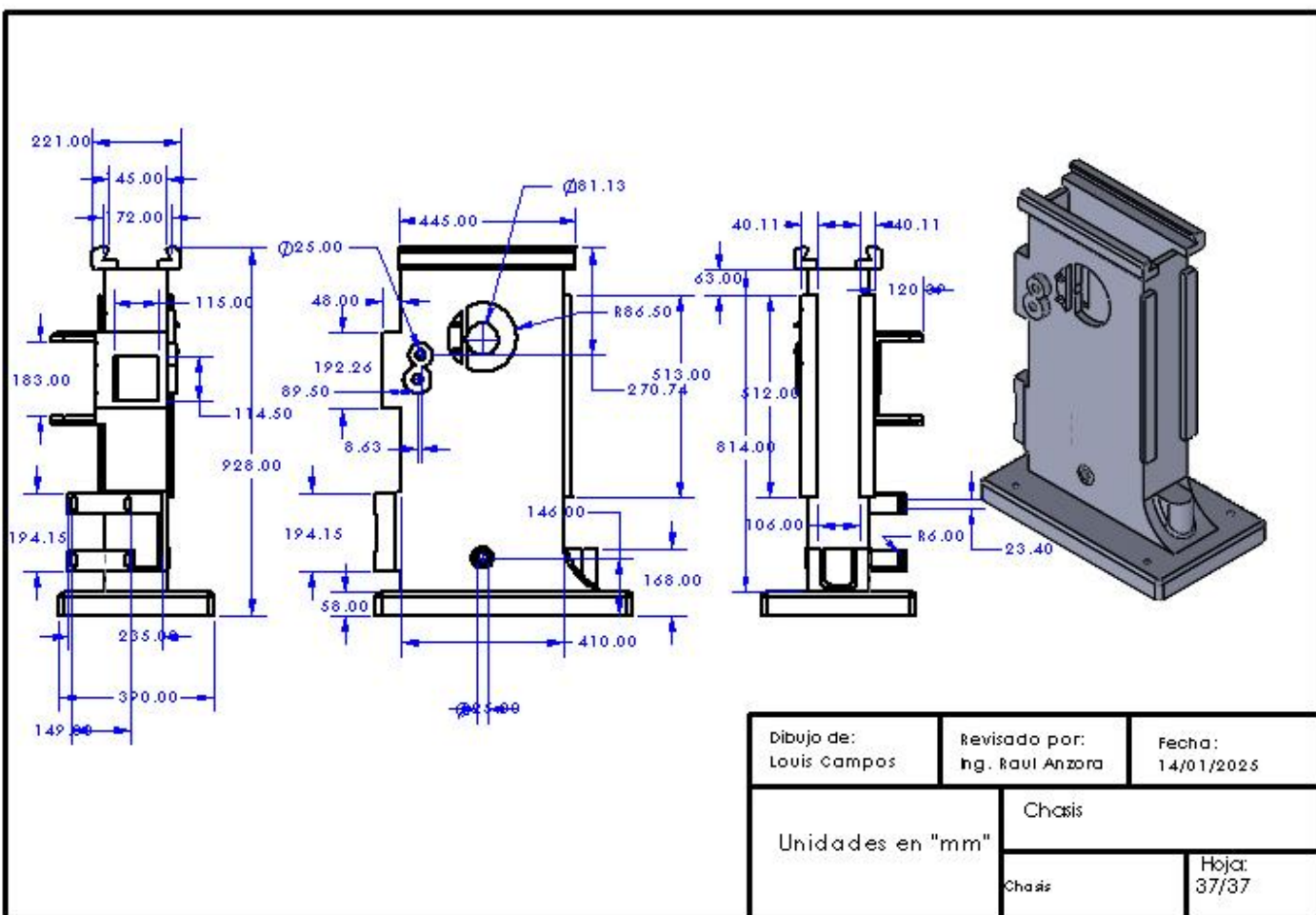


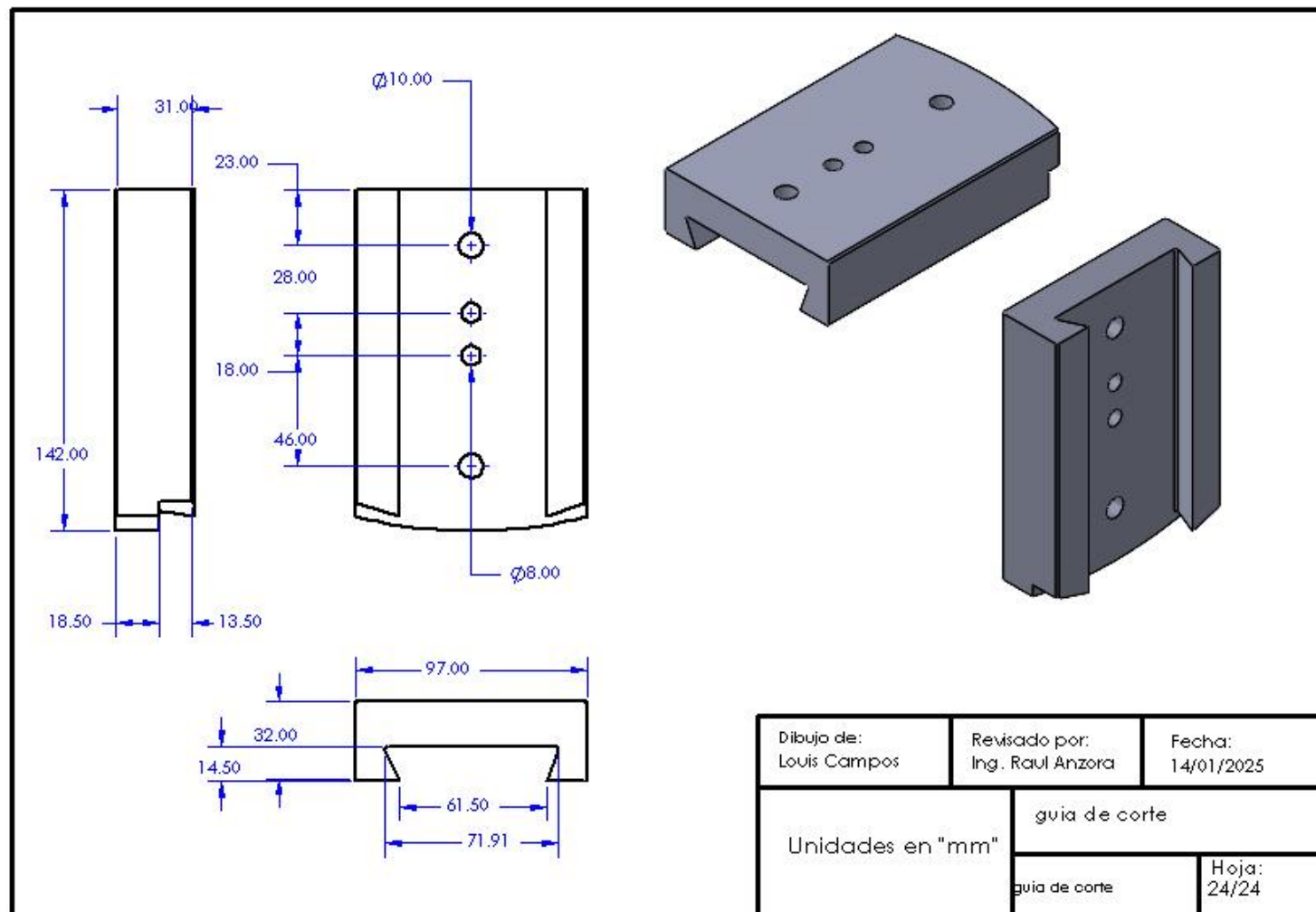


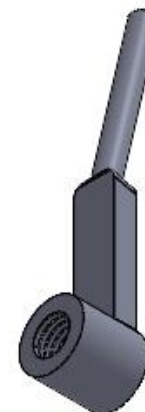
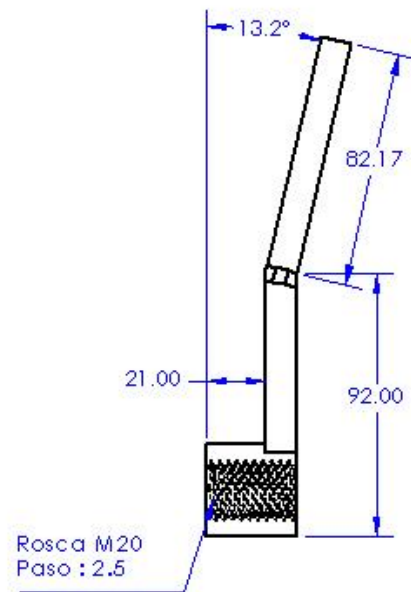
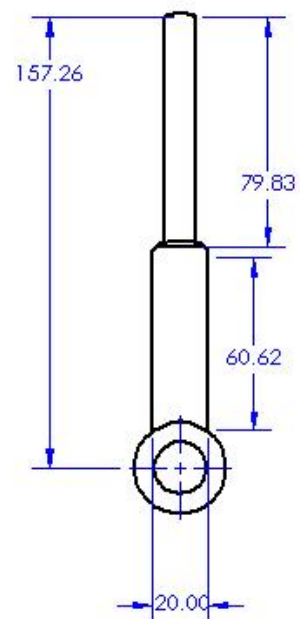
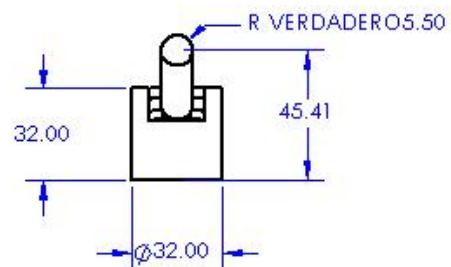


Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Bulon de biela	
	Bulon de acero	Hoja: 27/27









Dibujo de:
Luis Campos

Revisado por:
Ing. Raul Anzora

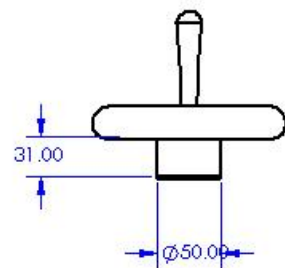
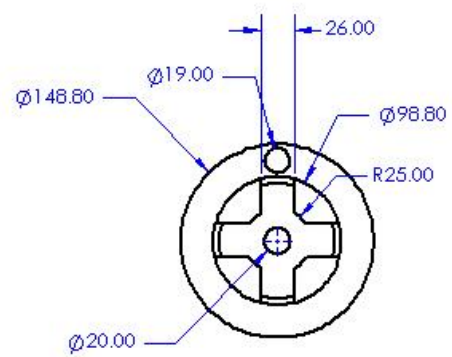
Fecha:
14/01/2025

Unidades en "mm"

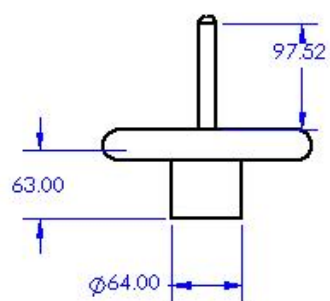
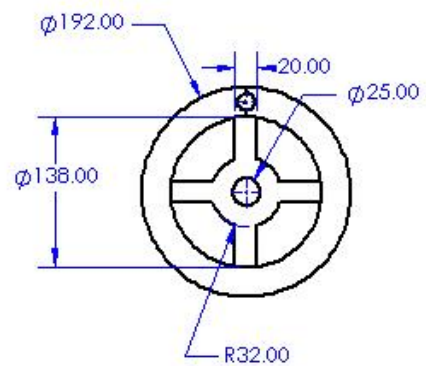
Manivela de apriete

Manivela de apriete

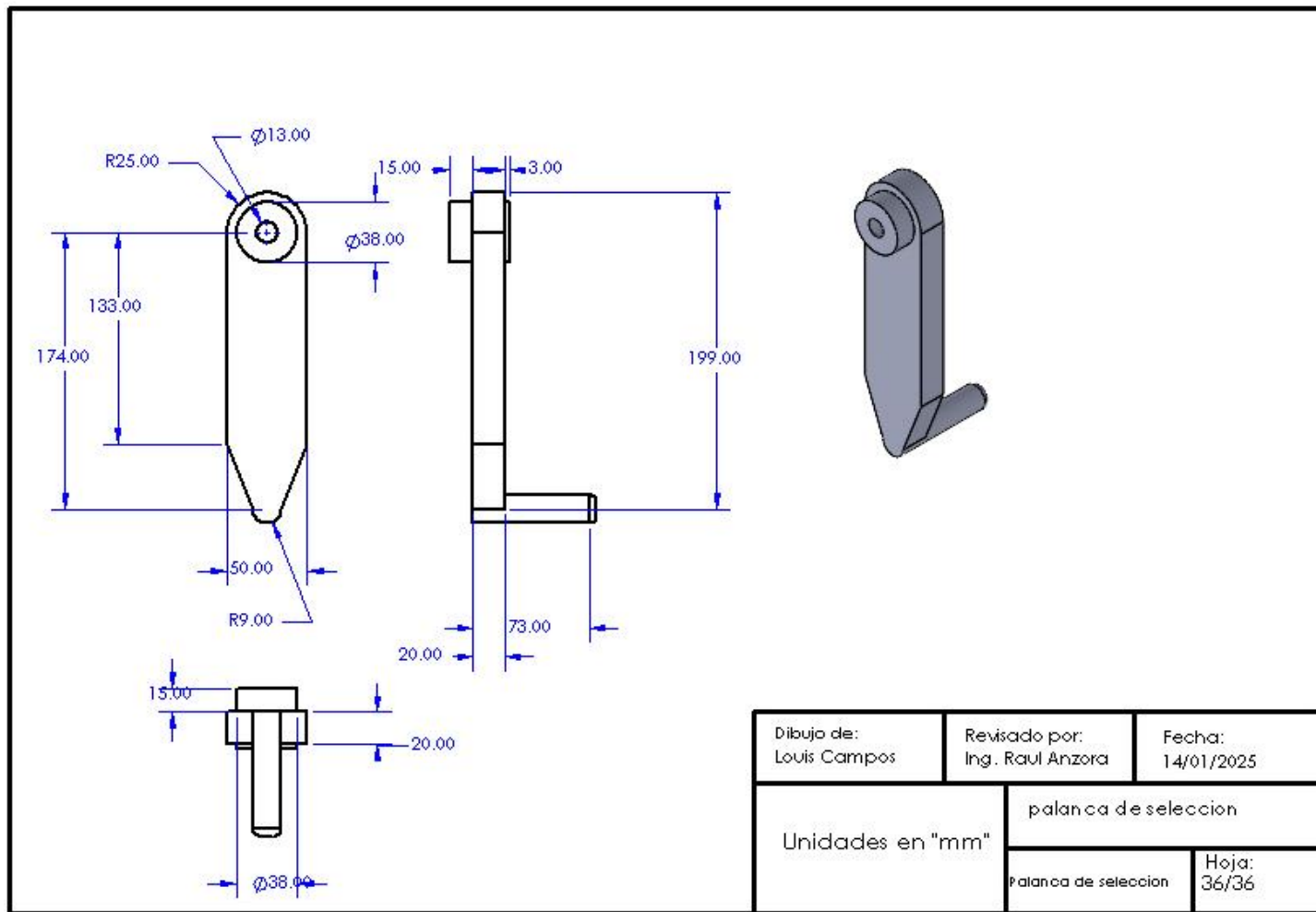
Hoja:
23/23

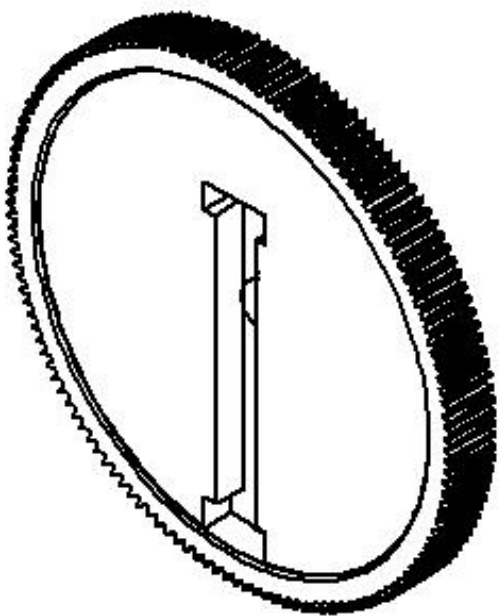


Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Manivela de corte
		Manivela de corte Hoja: 25/25

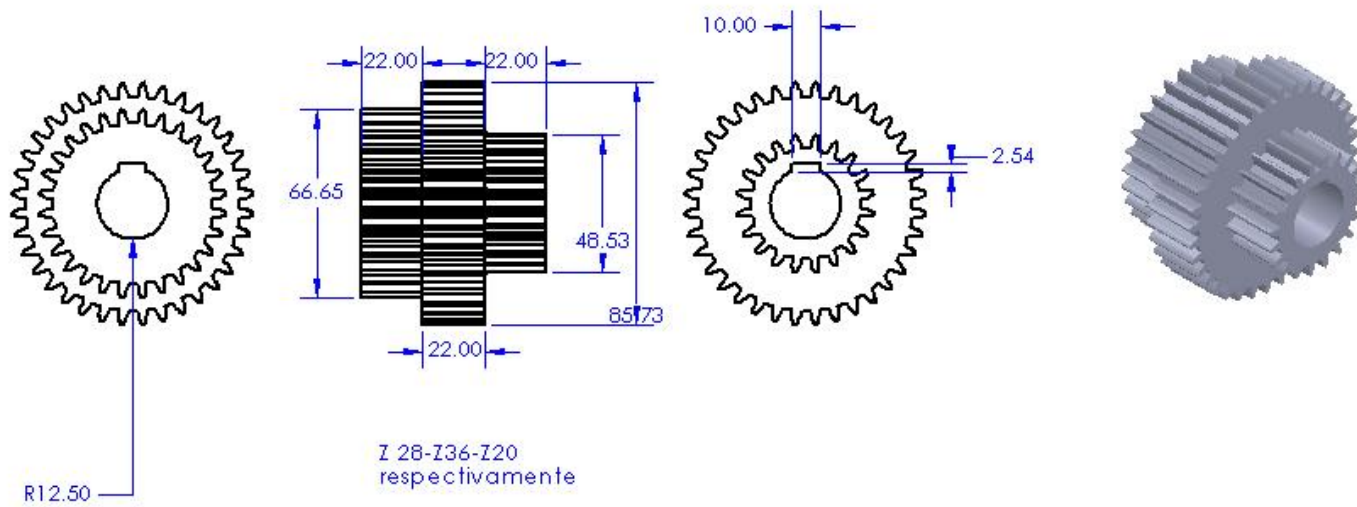


Dibujo de: Luis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Manivela lateral	
	Manivela lateral	Hoja: 28/28

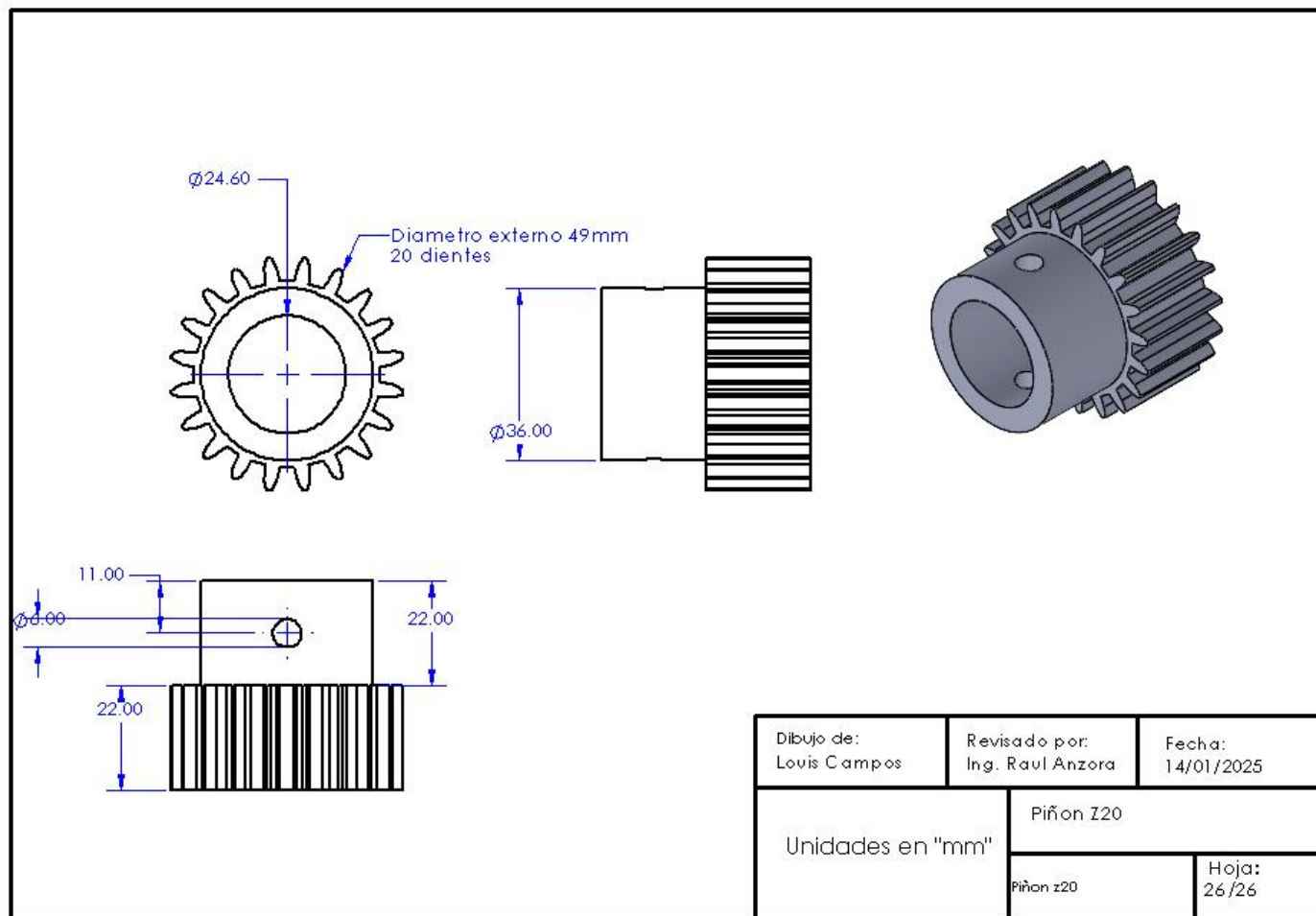


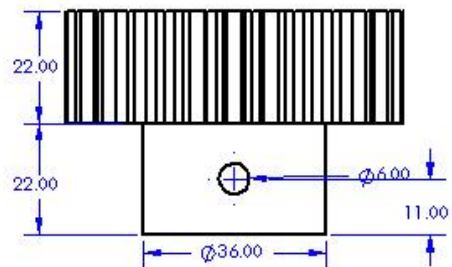
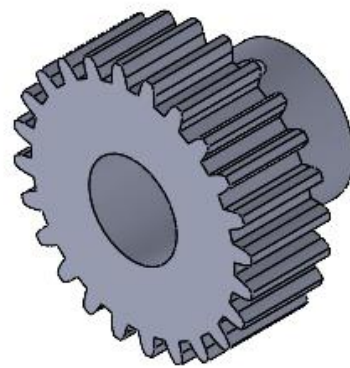
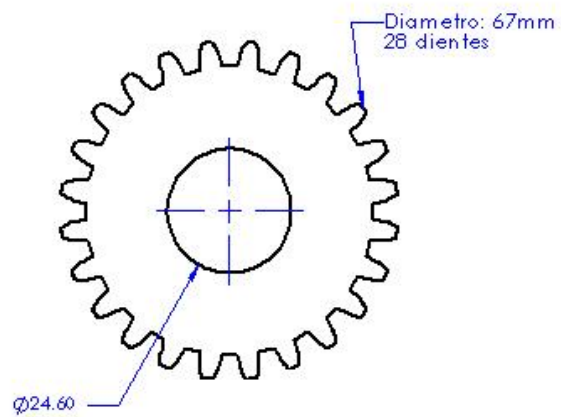


Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Piñon de biela	
	Piñon de biela	Hoja: 30/30

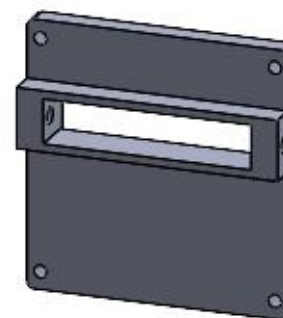
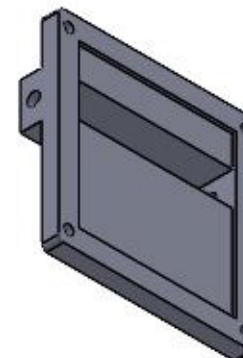
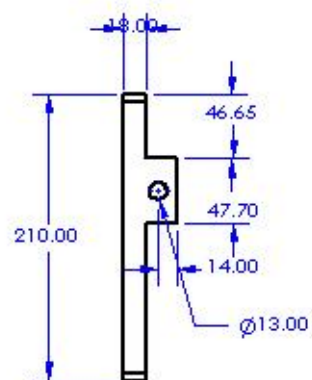
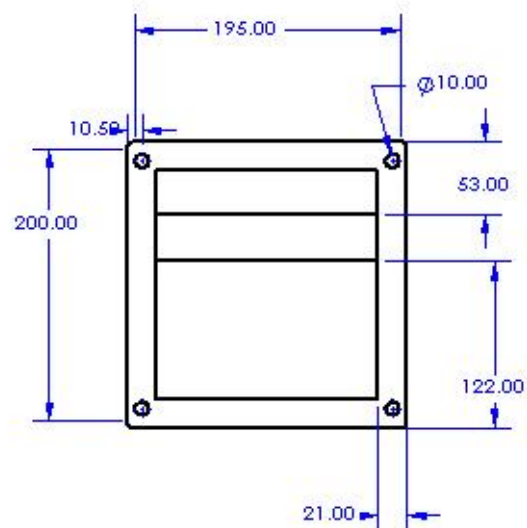


Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Piñon de seleccion
		Piñon de seleccion
		Hoja: 31/31

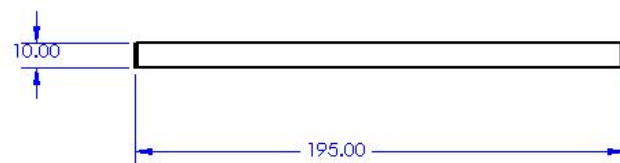
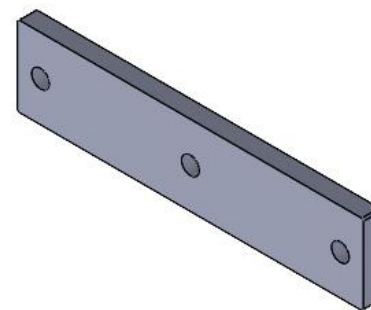
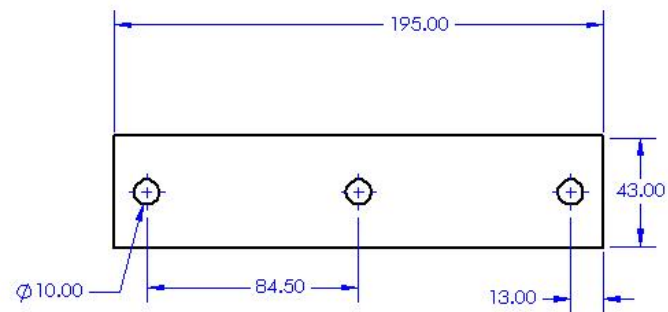




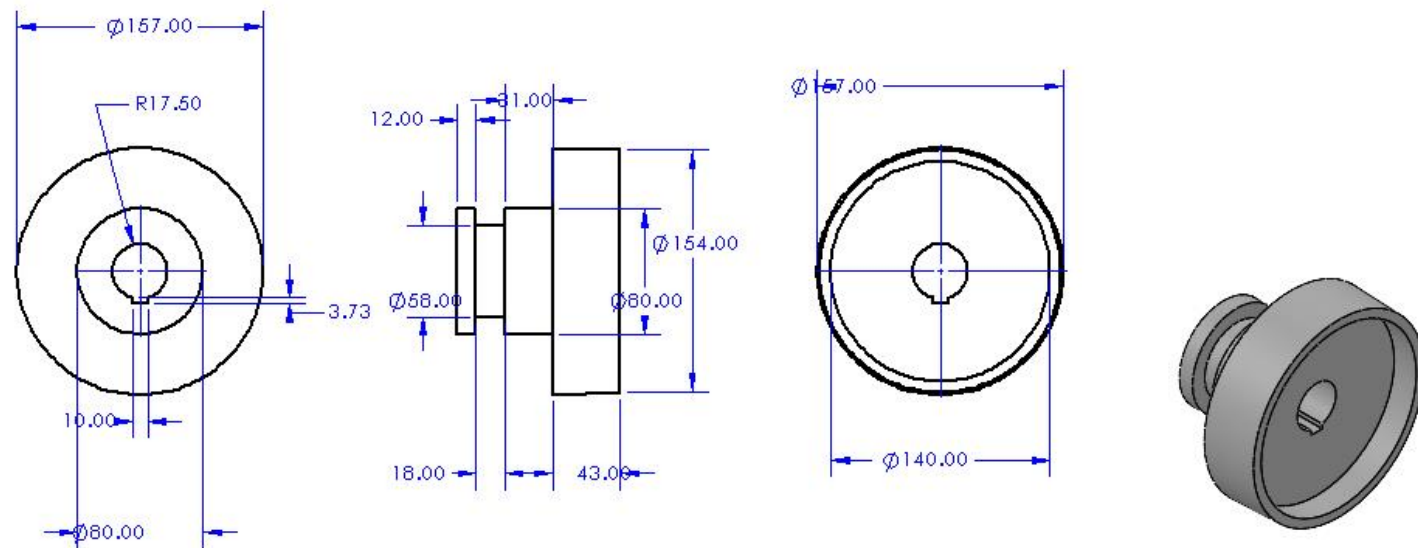
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Piñon Z28	
	Piñon Z28I	Hoja: 29/29



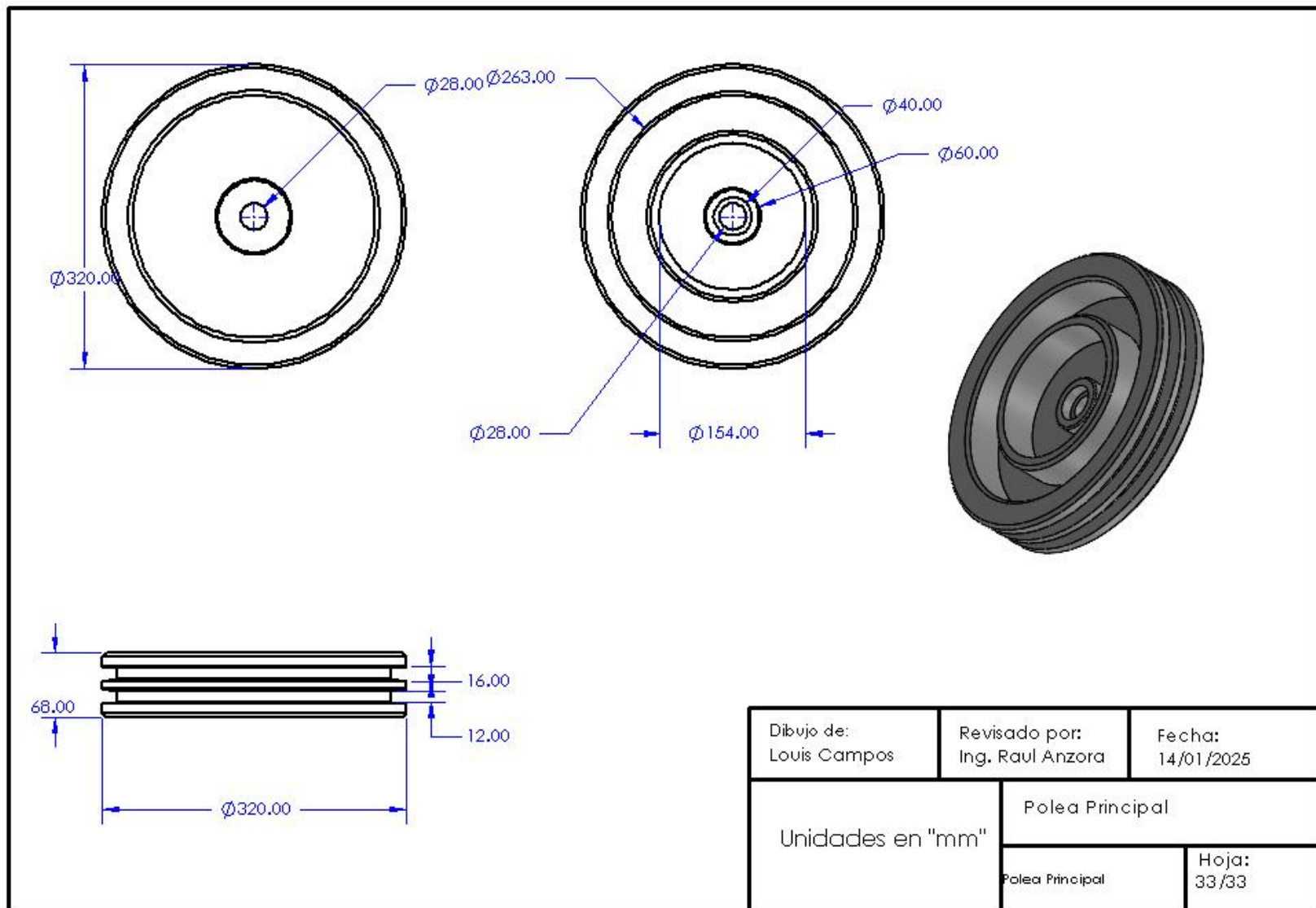
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Placa de seleccion	
	Placa de seleccion	Hoja: 37/37



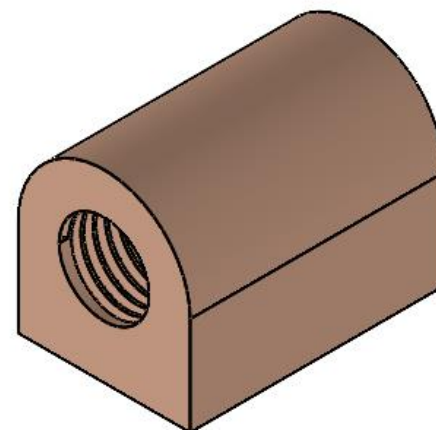
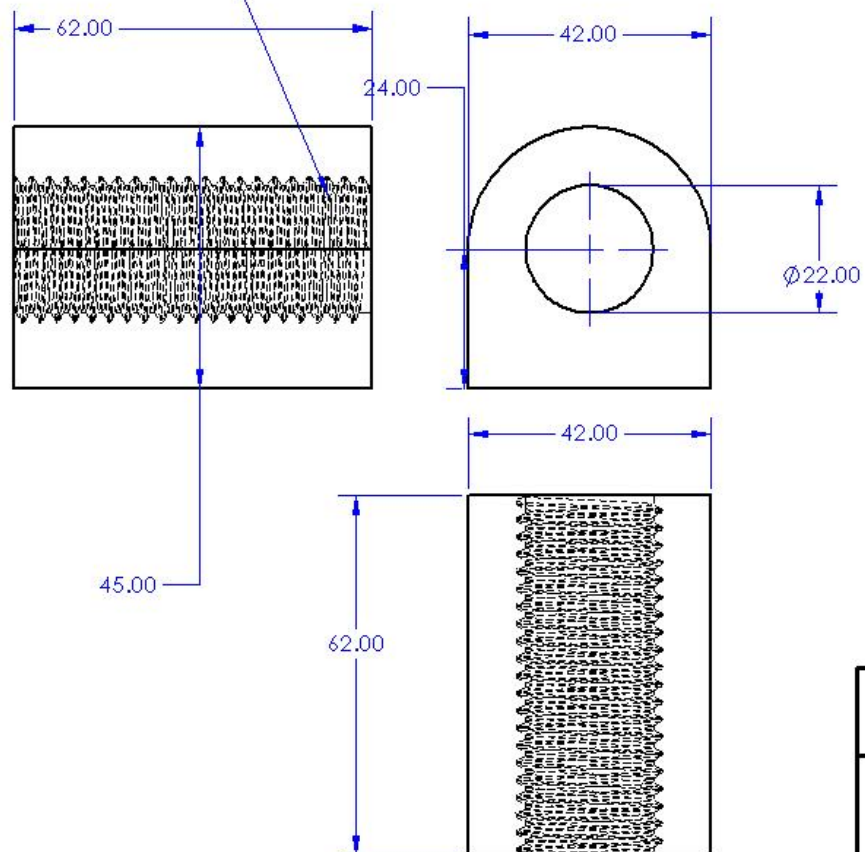
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Placa de mesa horizontal
		Placa guia
		Hoja: 38/38



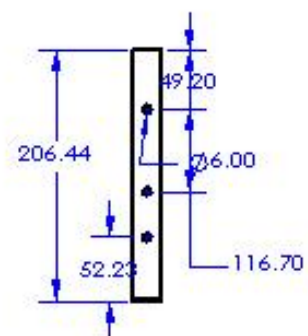
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Polea de Clutch
Polea de Clutch		Hoja: 32/32



Rosca cuadrada Diametro 20 mm
Ancho de canal 3 mm
Paso 6 mm

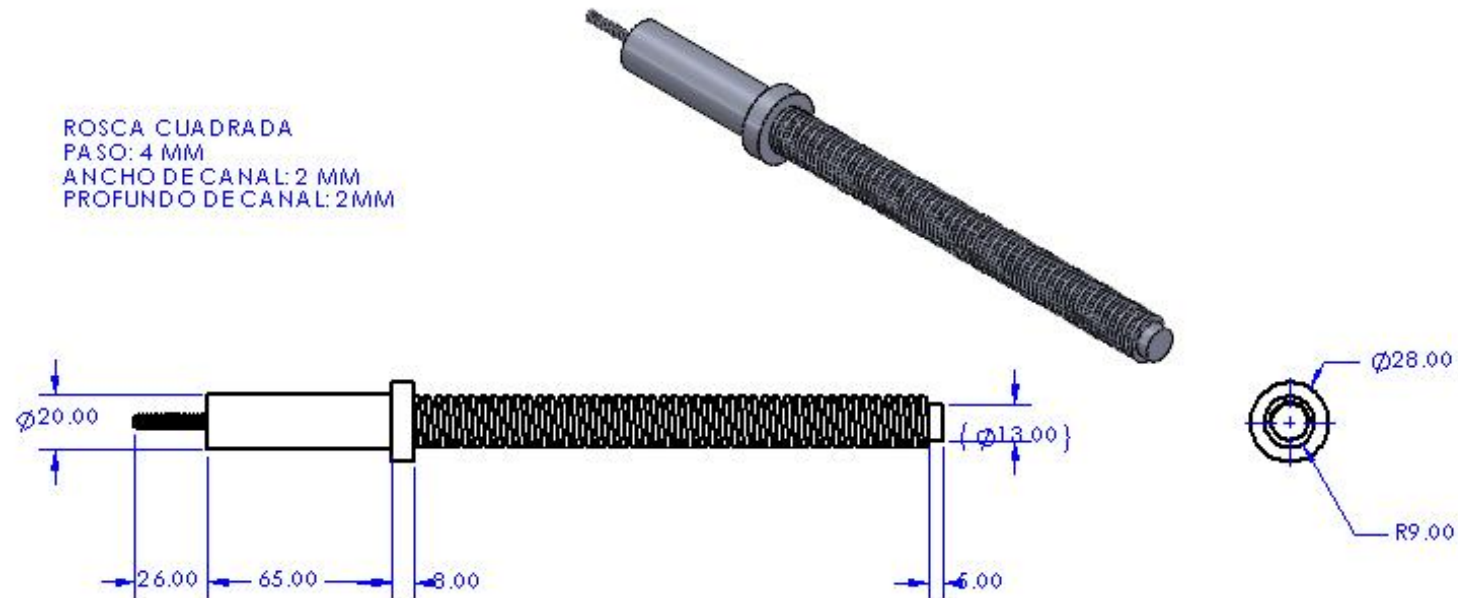


Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Rosca de bronce	
	Rosca de bronce	Hoja: 32/32

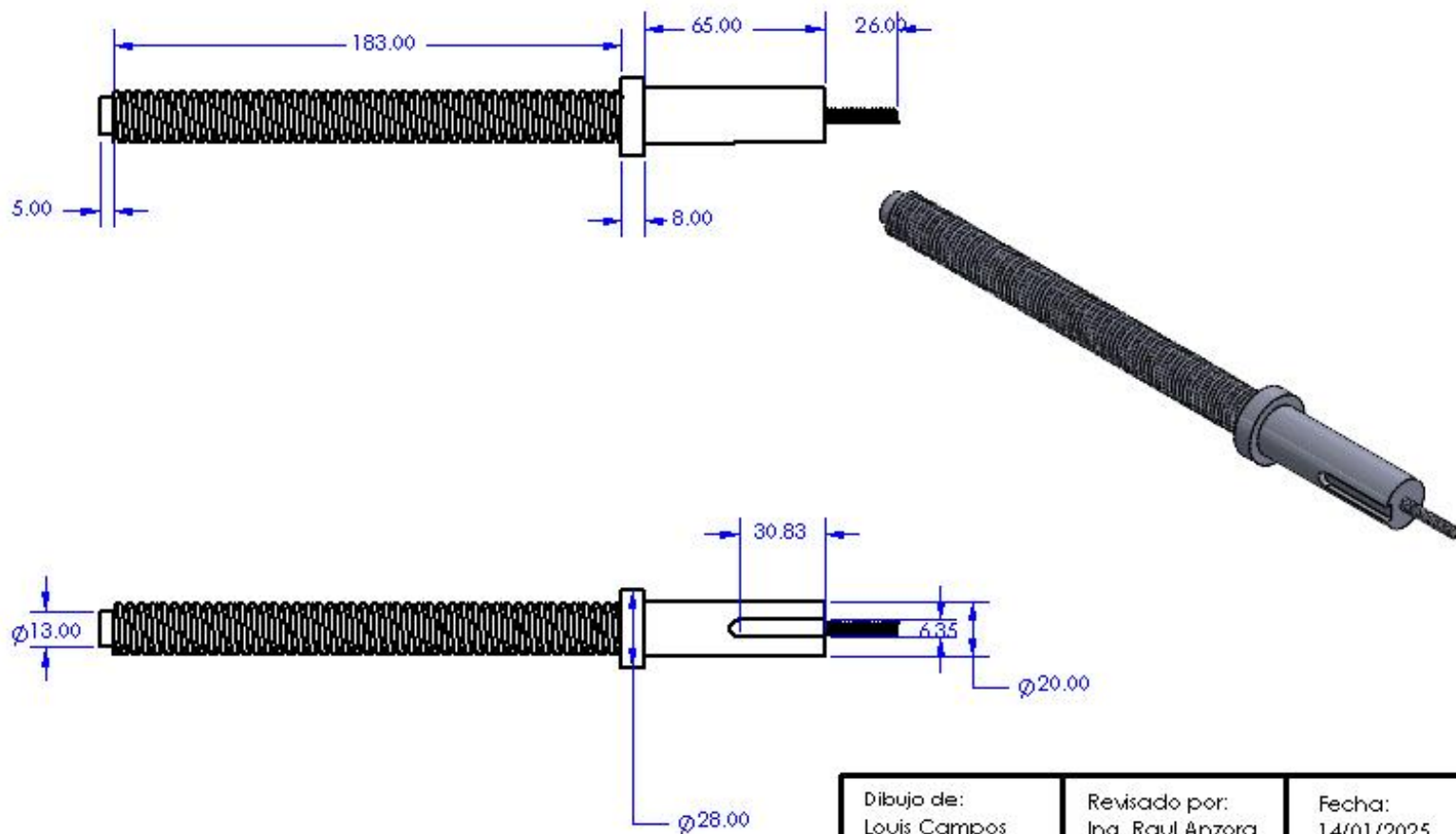


Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Eje de piñones	
	Eje de piñones	Hoja: 12/12

ROSCA CUADRADA
PASO: 4 MM
ANCHO DE CANAL: 2 MM
PROFUNDO DE CANAL: 2MM



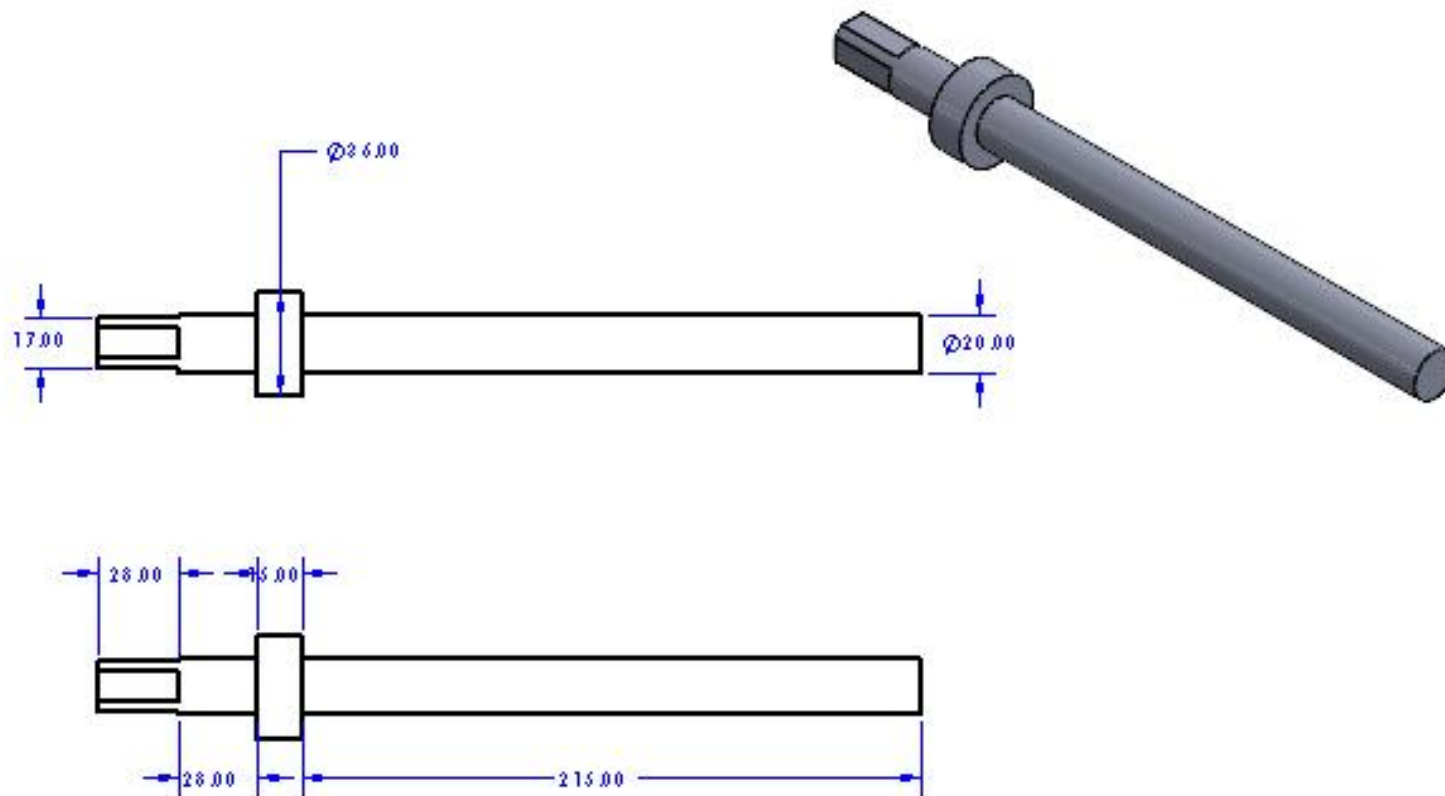
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Eje de desplazamiento de corte vertical
		Hoja: 7/7



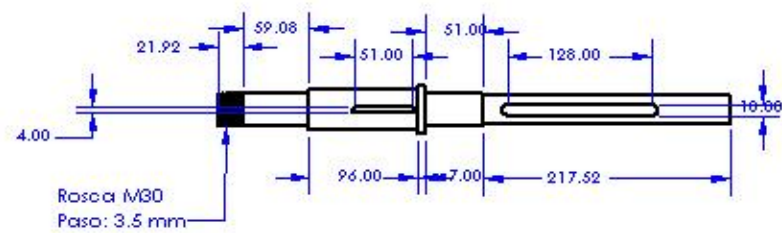
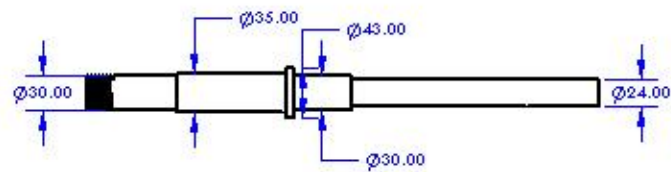
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Eje de avance de corte
		Avance de corte Hoja: 15/15



Diseño de: Rauls Camargo	Revisado por: Ing. Raul Anzola	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Eje de avance lateral
		Avance horizontal
		Hoja: 17/17



Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2023
Unidades en "mm"		Eje de avance vertical
		Avance vertical
		Hoja: 16/16



Dibujo de:
Louis Campos

Revisado por:
Ing. Raul Anzora

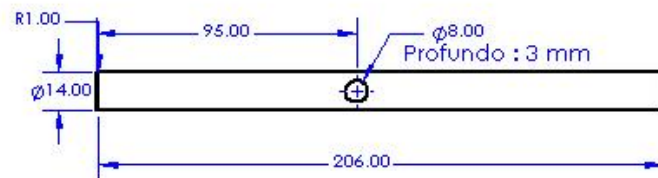
Fecha:
14/01/2025

Unidades en "mm"

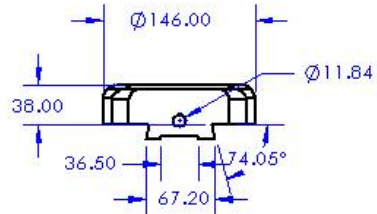
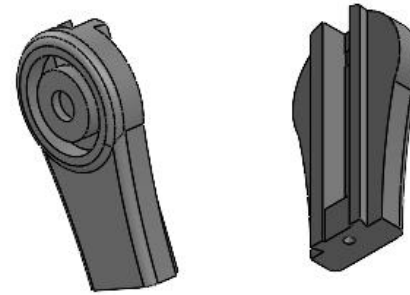
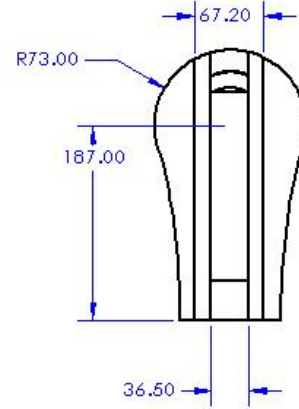
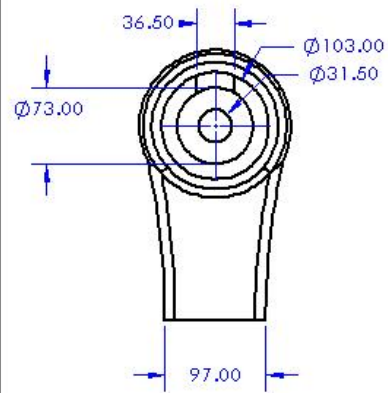
Eje de polea

Eje de polea

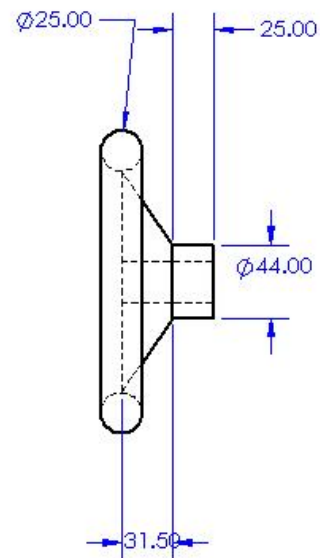
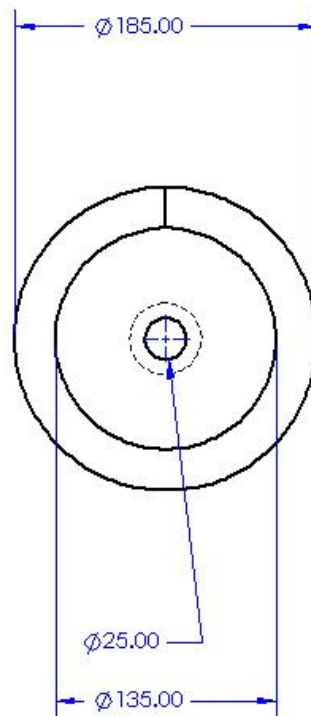
Hoja:
10/10



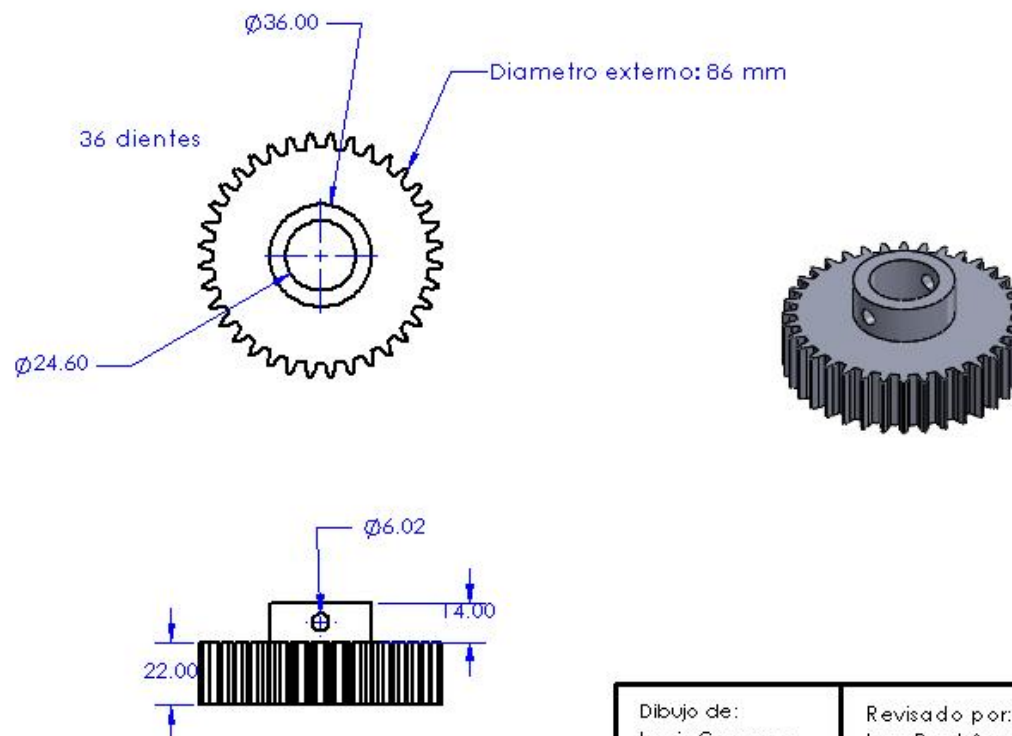
Dibujo de: Luis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Eje de seleccion	
	Eje de seleccion	Hoja: 11/11



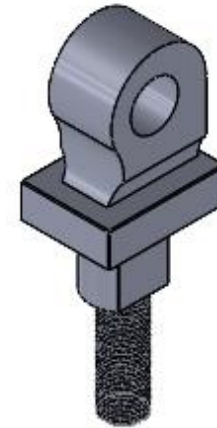
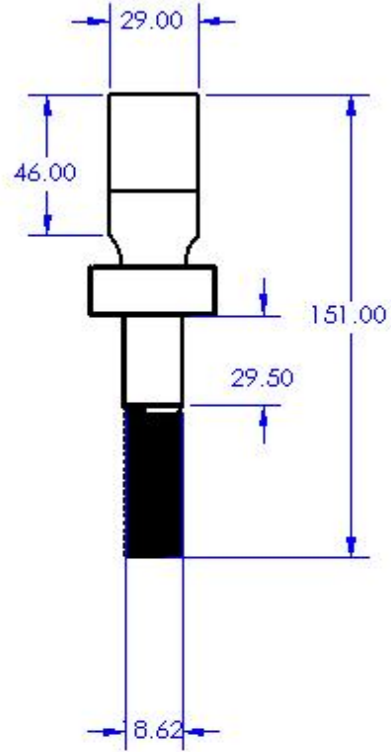
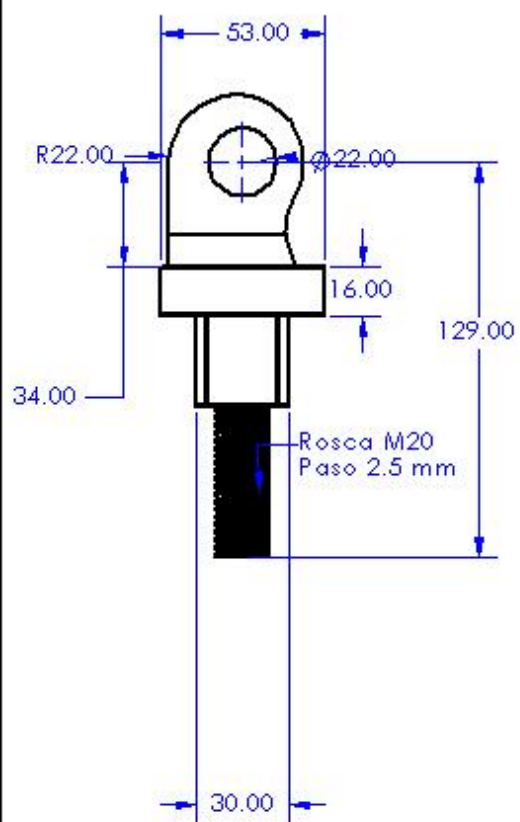
Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Guia giratoria	
	Guia giratoria	Hoja: 22/22



Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Manivela de rotacion	
	Manivela de rotacion	Hoja: 20/20



Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Piñon Z 36	
	Piñon z36	Hoja: 14/14



Dibujo de:
Luis Campos

Revisado por:
Ing. Raul Anzora

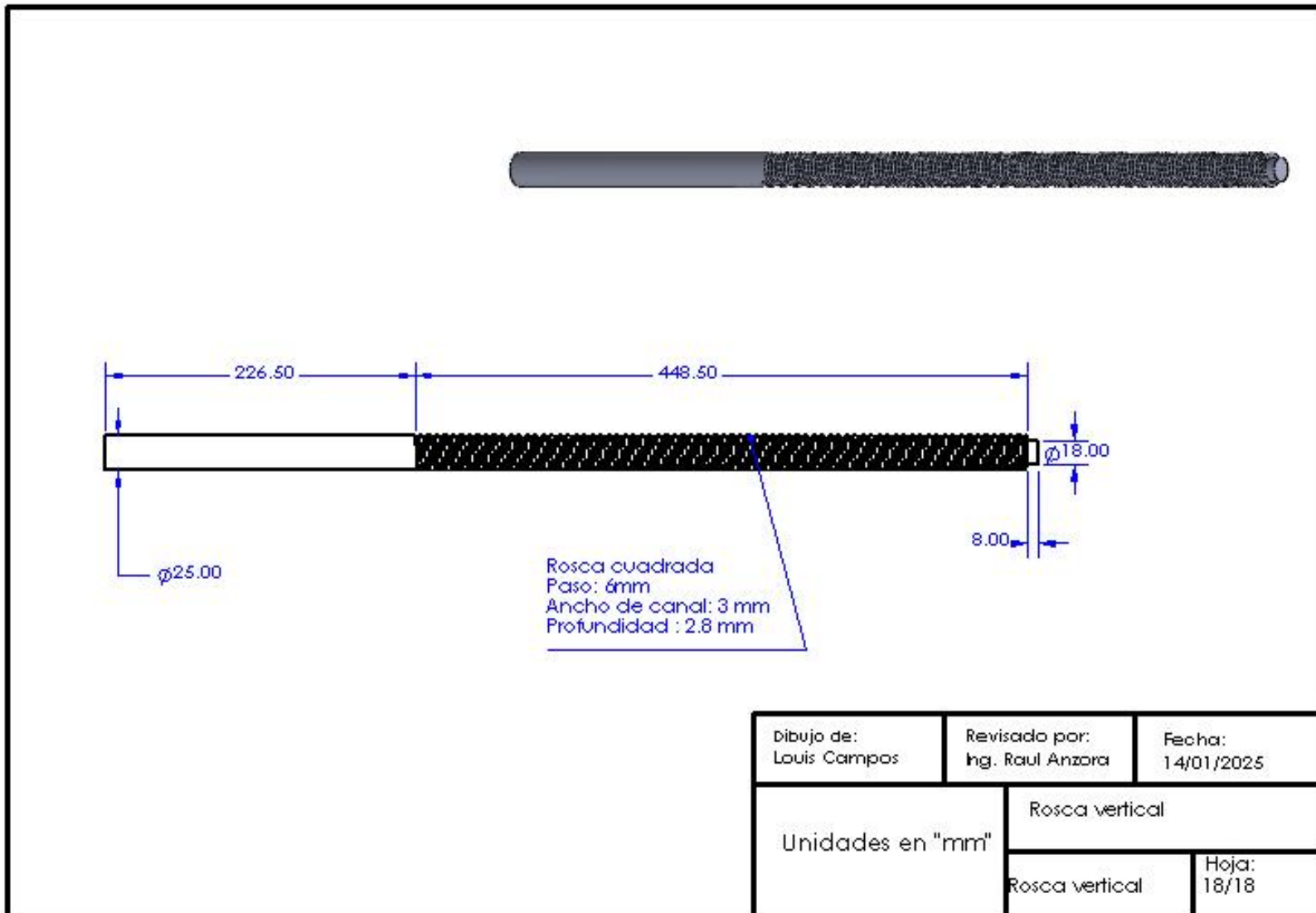
Fecha:
14/01/2025

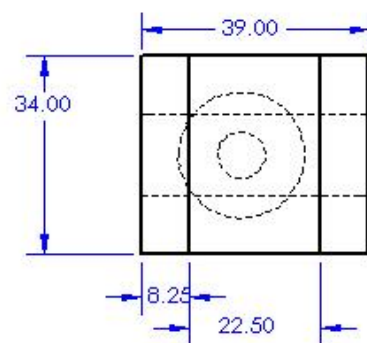
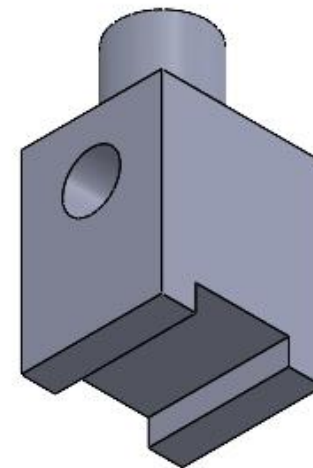
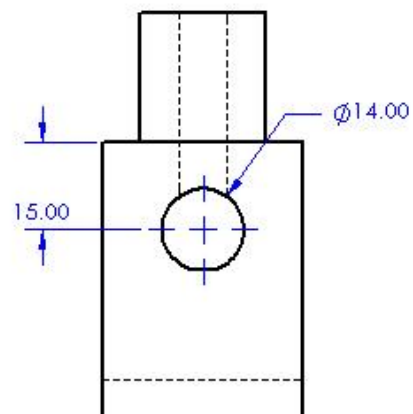
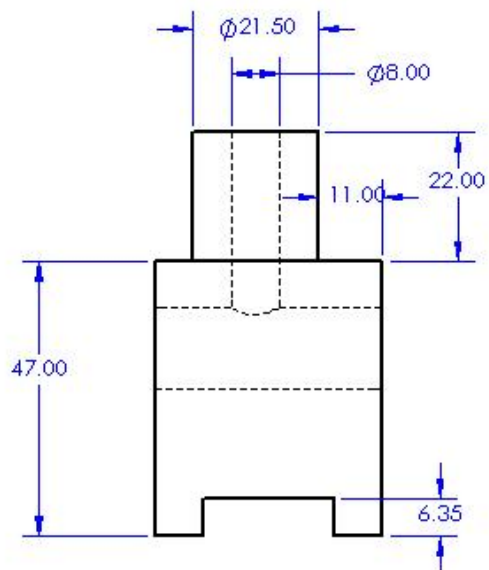
Unidades en "mm"

Pivote

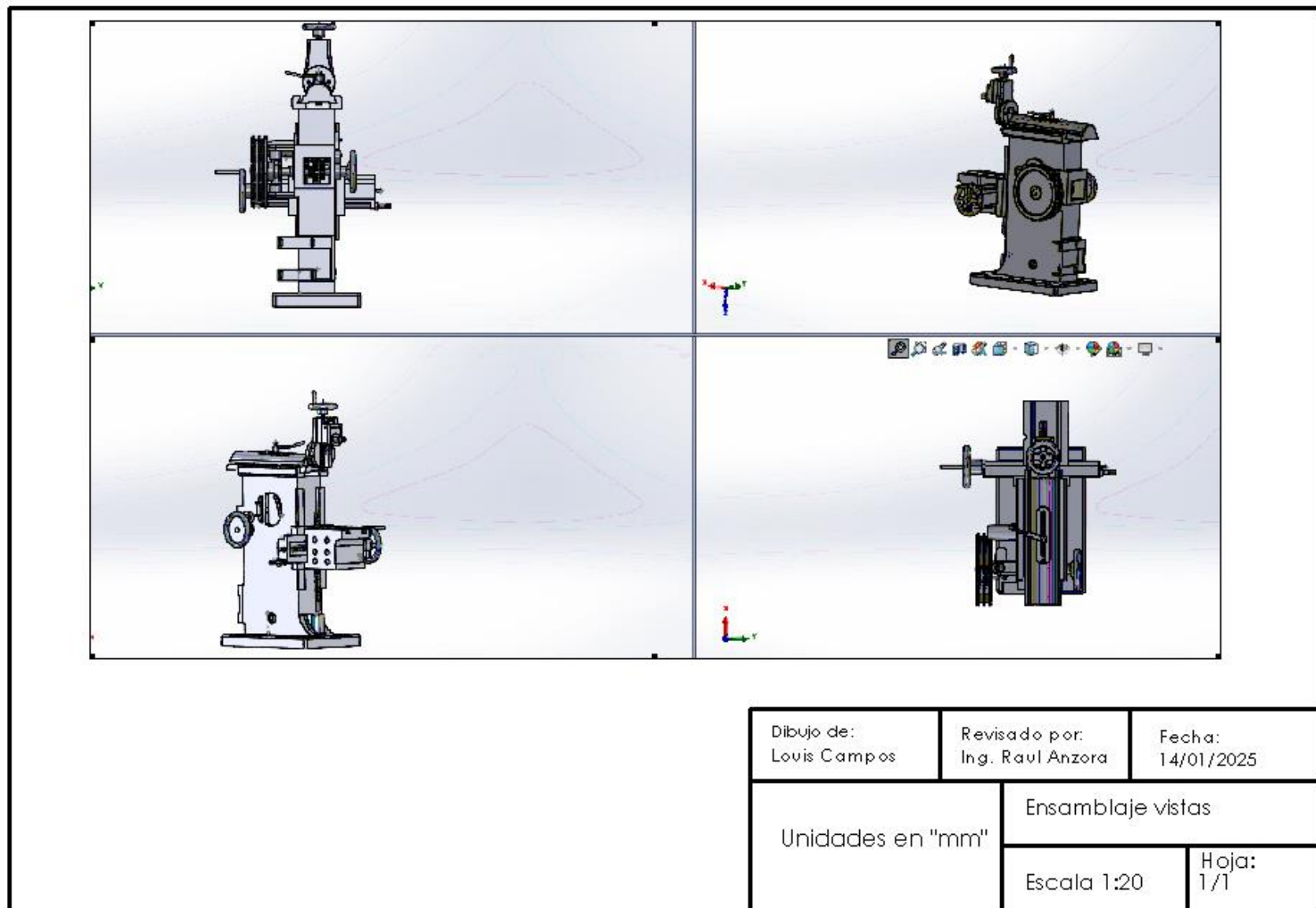
Pivote

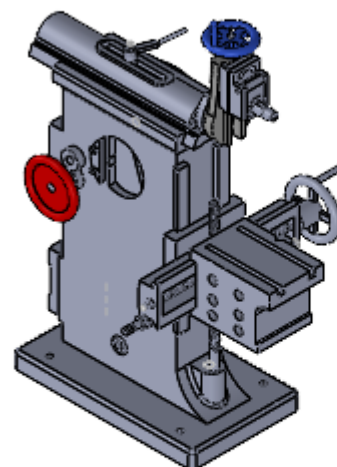
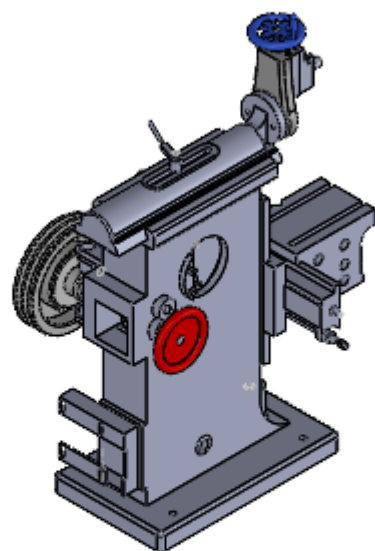
Hoja:
8/8





Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"		Selector de piñon
		Selector de piñon Hoja: 19/19





Dibujo de: Louis Campos	Revisado por: Ing. Raul Anzora	Fecha: 14/01/2025
Unidades en "mm"	Isometrico de la maquina	
	Isometrico	Hoja: 38/38

3.4 COSTOS DEL PROYECTO.

COSTOS DE RESTAURACIÓN DEL CEPILLO MECÁNICO

Se toma en consideración los gastos realizados en la restauración del cepillo mecánico y a continuación se detallarán los diferentes tipos de costos:

MATERIALES ELÉCTRICOS

ÍTEM	MATERIAL	CANT	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Motor 3 Hp	1	340.00	340.00
2	Interruptor de encendido	1	10.00	10.00
3	Cable vulcan #10 (m)	5	4.20	21.00
4	Conector macho 220V	1	3.0	3.0
5	Contactor 220V	1	48.90	48.90
6	Capacitor de marcha 60 mfd	2	10.00	20.00
7	Capacitor de arranque 50 mfd	2	10.00	20.00
8	Caja de registro	1	15.00	15.00
9	Paro de emergencia	1	48.00	48.00
10	Pulsador 220V	1	9.80	9.80
TOTAL				\$ 535.7

MATERIALES MECÁNICOS Y ACCESORIOS

ÍTEM	MATERIAL	CANT	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Correa de transmisión	2	16.80	33.60
2	Tornillos y tuercas	20	0.50	10.00
3	Aceite Lubricante	1	4.20	4.20
4	Lijas para metal	4	1.10	3.30
5	Electrodos Hierro fundido	5	4.00	20.00
6	Brochas	4	2.00	8.00
7	Pintura	6	6.60	39.60
8	Grasa	1	7.30	7.30
9	Reparación de rosca de sujeción para carnero	1	48.00	48.00
10	Fabricación de rosca de hierro fundido para desplazamiento horizontal	1	50.00	50.00
11	Fabricación de manivela para mecanismo de palanca de transmisión de la maquina	1	35.00	35.00
12	Fabricación de porta herramienta	1	20.00	20.00
13	Fabricación de eje 7/8"	1	15.00	15.00
14	Fabricación de eje 1 1/2"	1	20.00	20.00
15	Angulo de 2 "	1	11.75	11.75
16	Fabricación de manivela para movimiento vertical de mesa	1	35.00	35.00
17	Desengrasante	5	5.00	25.00
18	Discos de corte 4 1/2"	4	1.00	4.00
19	Disco de desbaste	2	2.00	4.00
20	Cepillo mecánico	1	1,250.00	1,250.00
TOTAL				\$ 1,643.75

COSTOS DEL TRANSPORTE

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	Alquiler de brazo mecánico	4 horas	\$50.00	\$200.00
2	Transporte 4x4 (movimiento del cepillo mecánico)	4 viajes	\$90.00	\$360.00
3	Alquiler de tanques para rodar la máquina	2 días	\$25.00	\$50.00
4	Alquiler de gatos hidráulicos	2 días	\$15.00	\$30.00
TOTAL				\$640.00

COSTOS TOTALES

DETALLE	COSTO (dólares)
Transporte	\$ 640.00
Material Eléctrico	\$ 535.7
Material Mecánico y accesorios	\$ 1,643.75
TOTAL	\$ 2,819

CAPITULO 4 ANEXOS

4.1MANUAL DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

INTRODUCCIÓN

El cepillo mecánico es una herramienta esencial en el ámbito de la fabricación y el mecanizado, utilizada para dar forma y acabado a piezas de metal, madera y otros materiales. Su funcionamiento se basa en el movimiento lineal de una herramienta de corte, que permite eliminar material de la superficie de la pieza de trabajo, logrando así dimensiones precisas y un acabado superficial de alta calidad.

El mantenimiento regular de un cepillo mecánico es crucial para garantizar su rendimiento óptimo y prolongar su vida útil. Un programa de mantenimiento adecuado no solo previene fallos mecánicos y reduce el tiempo de inactividad, sino que también asegura la seguridad del operador y la calidad del trabajo realizado.

Este manual de mantenimiento está diseñado para proporcionar a los usuarios una guía clara y concisa sobre las prácticas recomendadas para el cuidado y la operación del cepillo mecánico. A través de instrucciones detalladas sobre lubricación, inspección y ajustes, se busca facilitar el mantenimiento preventivo y correctivo, asegurando que la máquina funcione de manera eficiente y segura.

Al seguir las pautas establecidas en este manual, los operadores podrán maximizar la productividad de la máquina, minimizar el desgaste y evitar costosas reparaciones. La inversión en un mantenimiento adecuado es fundamental para el éxito a largo plazo.

Mantenimiento regular.

El mantenimiento regular de un cepillo mecánico es fundamental por diversas razones que impactan tanto en la eficiencia operativa como en la seguridad del entorno de trabajo. A continuación, se detallan algunos de los aspectos más importantes:

Prolongación de la Vida Útil de la Máquina:

Un mantenimiento adecuado ayuda a prevenir el desgaste prematuro de las piezas y componentes del cepillo mecánico, lo que se traduce en una mayor durabilidad y un rendimiento óptimo a lo largo del tiempo.

Mejora del Rendimiento y la Eficiencia:

Las máquinas bien mantenidas operan de manera más eficiente, lo que se traduce en un mejor rendimiento de corte y un acabado superior en las piezas trabajadas. Esto puede resultar en una reducción de los tiempos de producción y un aumento en la productividad.

Prevención de Fallos y Costos de Reparación:

La identificación y corrección de problemas menores a través de un mantenimiento regular pueden evitar fallos mayores que podrían resultar en costosas reparaciones o incluso en la necesidad de reemplazar la máquina.

Seguridad del Operador:

Un cepillo mecánico en mal estado puede representar un riesgo significativo para la seguridad del operador. El mantenimiento regular asegura que todos los componentes de seguridad funcionen correctamente, reduciendo el riesgo de accidentes y lesiones.

Calidad del Trabajo:

La calidad del trabajo realizado en un cepillo mecánico depende en gran medida de su estado de mantenimiento. Un mantenimiento adecuado garantiza que las herramientas de corte estén afiladas y que las configuraciones sean precisas, lo que resulta en piezas de alta calidad.

Ahorro de Tiempo:

Al realizar un mantenimiento preventivo, se minimizan las interrupciones en la producción. Esto permite que los operadores se concentren en su trabajo sin preocuparse por fallos inesperados.

Optimización de Recursos:

Un mantenimiento regular permite un uso más eficiente de los recursos, ya que se evita el desperdicio de materiales y se optimizan los procesos de producción.

SEGURIDAD

Seguridad en el Uso del Cepillo Mecánico

La seguridad es un aspecto crítico en el funcionamiento de cualquier máquina herramienta, incluido el cepillo mecánico. A continuación, se presentan las principales consideraciones y prácticas de seguridad que deben seguirse para garantizar un entorno de trabajo seguro:

Capacitación del Personal:

Todos los estudiantes deben recibir capacitación adecuada sobre el funcionamiento del cepillo mecánico, incluyendo su manejo, mantenimiento y las medidas de seguridad necesarias. Esto incluye el conocimiento de los controles, las funciones de la máquina y los procedimientos de emergencia.

Uso de Equipos de Protección Personal (EPP):

Es fundamental que los estudiantes utilicen el equipo de protección personal adecuado, que incluye gafas de seguridad, protectores auditivos y calzado de seguridad. Esto ayuda a proteger al operador de posibles lesiones.

Inspección Preoperativa:

Antes de iniciar la máquina, se debe realizar una inspección visual para asegurarse de que no haya piezas sueltas, daños visibles o acumulación de residuos que puedan interferir con el funcionamiento seguro de la máquina.

Evitar Distracciones:

Los estudiantes deben concentrarse en su trabajo y evitar distracciones. No se debe permitir el uso de teléfonos móviles u otros dispositivos que puedan desviar la atención durante la operación de la máquina.

Procedimientos de Emergencia:

Todos los estudiantes deben estar familiarizados con los procedimientos de emergencia, incluyendo cómo detener la máquina rápidamente en caso de un problema. Deben conocerse las ubicaciones de los interruptores de emergencia y los procedimientos de evacuación.

Mantener el Área de Trabajo Limpia:

Un área de trabajo desordenada puede aumentar el riesgo de accidentes. Es importante mantener el espacio alrededor del cepillo mecánico limpio y libre de obstáculos.

Uso de Dispositivos de Seguridad:

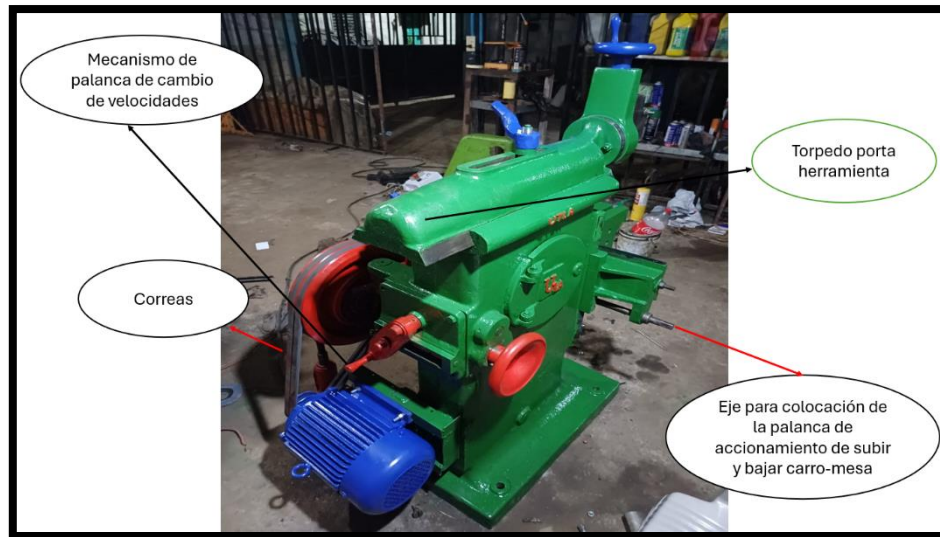
Siempre utilice los dispositivos de seguridad proporcionados por el fabricante, en este caso guarda protectora de motor. Estos dispositivos están diseñados para proteger al operador de partes móviles y otros peligros.

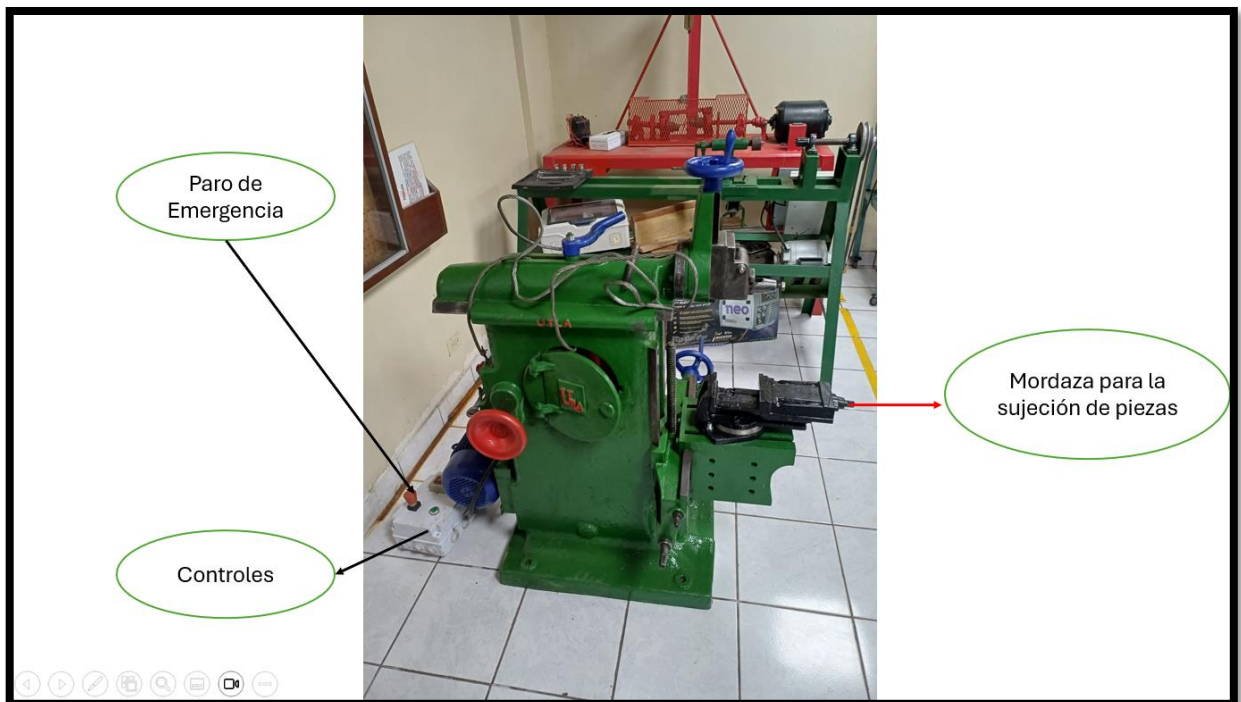
Comunicación Clara:

En entornos de trabajo donde varias personas operan máquinas, es esencial mantener una comunicación clara y efectiva para coordinar las actividades y evitar accidentes.

Al seguir estas prácticas de seguridad, se puede minimizar el riesgo de accidentes y lesiones al operar un cepillo mecánico. La seguridad debe ser siempre la prioridad número uno en cualquier entorno de trabajo.

PARTES PRINCIPALES DEL CEPILLO MECANICO





PREPARACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO

La preparación para el mantenimiento de un cepillo mecánico es crucial para asegurar un funcionamiento eficiente y prolongar la vida útil de la máquina. Aquí hay una guía sobre cómo prepararse adecuadamente para el mantenimiento:

Desconexión de la Energía:

Antes de realizar cualquier trabajo de mantenimiento, asegúrate de desconectar la máquina de la fuente de energía para evitar accidentes.

Limpieza Inicial:

Limpia la máquina de cualquier viruta, polvo o residuos. Esto facilitará el acceso a las partes y permitirá una inspección más clara.

Inspección Visual:

Realiza una inspección visual de todas las partes del cepillo mecánico. Busca signos de desgaste, daños o piezas sueltas.

HERRAMIENTAS	FOTO
Juego de llaves mixtas y Juego de llaves Allen	
Martillo de bola y martillo de goma	
Desarmador plano y desarmador philip	
Grasa lubricante	
Punzo de 1 pulgada y juego de punzones	
Wiper y desengrasante	

RUTINAS DE MANTENIMIENTO DEL CEPILLO MECANICO.

Lubricación

La lubricación es un aspecto fundamental en el mantenimiento de un cepillo mecánico, ya que asegura el funcionamiento suave de las partes móviles y previene el desgaste prematuro. Aquí tienes una guía sobre la lubricación adecuada para un cepillo mecánico:

Grasa: En algunas partes, puede ser necesario usar grasa en lugar de aceite. Asegúrate de que sea compatible con los materiales de la máquina.

Puntos de Lubricación

Identificación de Puntos:

- Cojinetes
- Engranajes
- Tornillos de avance
- Superficies deslizantes

Procedimiento de Lubricación

Limpieza: Antes de aplicar el lubricante, limpia las áreas alrededor de los puntos de lubricación para evitar que la suciedad se mezcle con el lubricante.

Aplicación: Aplica el lubricante en la cantidad adecuada. Evita el exceso, ya que puede atraer polvo y suciedad.

Verificación: Después de aplicar el lubricante, verifica que el aceite o la grasa se distribuyan adecuadamente en las partes móviles.

No Sobre lubricar: Evita la sobre lubricación, ya que puede causar problemas en el funcionamiento de la máquina generando suciedad donde se pueden pegar partículas sólidas que pueden causar obstrucción y desgaste.

Se detallan las actividades de limpieza lubricación y revisión a desarrollar y sus pasos.

REVISION Y LUBRICACION DE BALERO DE POLEA DE TRANSMISION.

1. Quitar guarda de protección de polea para tener acceso a esta.



Guarda de sistema de transmisión.

2. Aflojar pernos de sujeción de motor y levantar para quitar tensión de fajas



Polea conductora y conducida por fajas

3. Quitar fajas para poder liberar la polea
4. Aflojar espaciador de frente de la polea y extraer.
5. Extraer polea con cuidado de no botarla al piso.
6. Revisar correcto funcionamiento del balero que gire libremente y sin obstrucción.
7. Lubricar con aceite penetrante
8. Revisar que el cono interno de polea no tenga desgaste



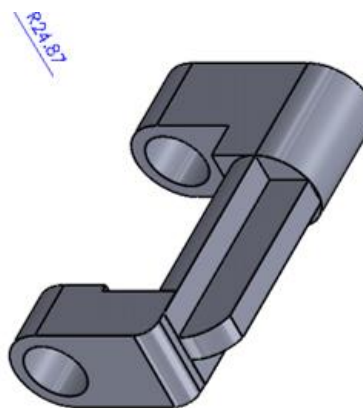
Rodamiento y alojamiento cónico de polea de clutch.

REVISION Y LUBRICACIÓN DE BUJES DE BRONCE DE EJE DE PIÑONES

1. Se tiene que desmontar el sistema de clutch para tener acceso a desarmar ejes de transmisión.



Mecanismo de clutch



Palanca de clutch

2. Desmontar polea cónica de sistema de clutch y realizar inspección visual para descartar desgaste



Polea cónica de mecanismo de clutch

3. En la ranura de esta pieza del buje bipartido de tracción se tiene que limpiar y engrasar nuevamente.
4. Al quitar la palanca de clutch con las poleas quedara solamente el eje descubierto, para desmontarlo se tiene que quitar tapadera de selección de velocidad, posteriormente se tendrá acceso al piñón triple que va montado en dicho eje y para extraer se tiene que sacar el eje por un costado y cuando quede espacio adentro de la maquina libre para sacar el piñón se hace y luego queda el eje libre para extraer por un costado.



Eje de transmisión con el sistema de clutch desmontado



Eje de transmisión.



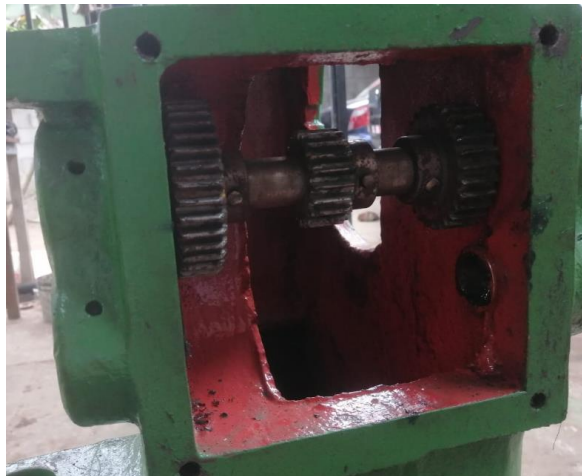
Piñón triple.

5. Quitar tapadera de palanca de selección de velocidad.



Tapadera de palanca de selección de velocidad.

6. Se obtendrá acceso al eje donde van montados los piñones de las velocidades media baja y alta, para extraer estos se tiene que sacar con un punzón un pasador para que queden libres y extraer el eje por un costado.



Eje de piñones de selección de velocidad



Proceso de desmontaje y extracción de eje de piñones

7. Una vez desmontados ambos ejes donde acoplan los piñones, se tendrá acceso a los bujes de bronce que soportan dichos ejes, se deben revisar por desgaste y si se descarta desgaste o holgura en los bujes se tiene que limpiar y lubricar con grasa.



Bujes de bronce, deben limpiarse y lubricarse.

DESMONTAJE DE TORRE PORTA HERRAMIENTA REVISION Y LIMPIEZA.

1. Quitar manivela, aflojando la tuerca y sacándola con cuidado de no perder la cuña de manivela.
2. Siguiente paso es desmontar la torre porta herramienta, extraer perno cónico, luego quitar placa porta herramienta, quedan descubiertos los pernos que sujetan la placa de fijación con la guía tipo milano, quitarlos para poder sacar esta pieza.



Torre porta herramienta.

3. Quitar pernos de fijación de tuerca de bronce para poder sacar el tornillo de rosca cuadrada de avance de corte, una vez fuera inspeccionar ambas piezas para descartar desgaste.



Placa portaherramientas, tornillo de avance, placa de guía de milano.



Tuerca de bronce de tornillo de avance de corte.



Pieza de guía rotacional y cola de milano que acopla con carnero.

4. Al realizar el desmontaje de todo el conjunto de piezas de cabezal porta herramienta se tiene que realizar una inspección visual en busca de desgaste, de encontrarse desgastadas tiene que ser reparadas con un proceso de metalizado y maquinado.
5. Las piezas tienen que limpiarse y cepillarse, posteriormente engrasar todo el conjunto con grasa de uso general o a base de litio.

DESMONTAJE LIMPIEZA Y LUBRICACION DE CARNERO

1. Una vez desmontada la torre porta herramienta, aflojar la palanca de apriete de carnero y extraer toda la pieza para poder liberar el carnero y poderse desmontar.
2. Aflojar pernos de apriete de cuña de carnero para poder obtener juego en las guías tipo milano y poder extraer cuña.



Guías tipo milano del chasis y cuña.

3. Esta parte de las guías se tiene que limpiar y cepillar para poder eliminar cualquier residuo que pudiera obstruir las guías y su libre funcionamiento, revisar en busca de desgaste y lubricar antes de volver a armar con grasa de uso general.



Carnero.

4. Revisar carnero en busca de desgaste o quebraduras, limpiar y cepillar guías para asegurar libre deslizamiento y lubricar con grasa de uso general al momento de armar.



Pivote de bronce de Biela, esparrago con doble rosca y palanca de apriete.

5. Estas piezas se tienen que revisar para descartar desgaste, el esparrago tiene una rosca derecha que enrosca con la palanca y una rosca izquierda que enrosca con el pivote de bronce, se tiene que revisar para descartar indicios de fractura.

6. Limpiar piezas y lubricar con grasa de uso general al momento de ensamblar.

LIMPIEZA REVISIÓN Y LUBRICACIÓN DE MECANISMO DE BIELA Y PIÑÓN CON PIN EXCÉNTRICO.

Este mecanismo conformado por la biela, el piñón de 130 dientes y el pin excéntrico conjunto a guía de bronce que desliza en la corredera de la biela es el encargado de dirigir el movimiento rotacional entregado por el motor a la maquina a un movimiento lineal para ser utilizado en el corte para mecanizar ranuras.

1. Desmontar el carnero para tener acceso al espacio por donde saldrá la biela.



Desmontar carnero para acceder a abertura superior.

2. Abrir la compuerta al costado para poder acceder al interior del chasis.



Desmontar ejes para liberar piñón principal.



Piñón principal de 140 dientes.

3. Desmontar piñón principal y biela para poder sacarlos de la maquina y realizar limpieza eliminando virutas y otros componentes solidos que pudieran dañar el mecanismo.

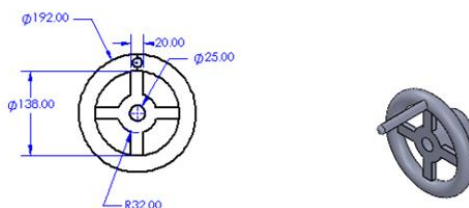


Biela con corredera.

4. Al momento de armar el mecanismo tienen que lubricarse bien las piezas para una correcta transmisión y aumentar la vida útil del equipo.

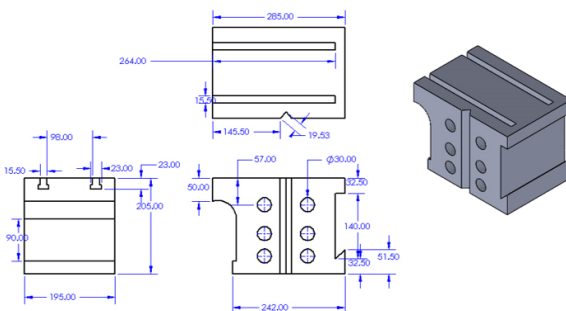
LIMPIEZA Y LUBRICACIÓN DE MEZA DESPLAZADORA

1. Desmontar manivela de desplazamiento horizontal



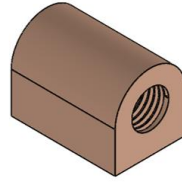
Manivela lateral.

2. Por la parte interior de la mesa de desplazamiento se encuentran dos pernos Allen que hay que quitar para que la tuerca de bronce de movimiento lateral pueda girar libremente.
3. Quitar pernos de sujeción de mesa desplazadora ubicados en la parte trasera para que puedan liberarse las placas guía y se pueda desmontar esta mesa.



Mesa de fijación de prensa

4. Una vez se desmonta la mesa se puede quitar pasador de rosca de desplazamiento horizontal y sacar primero la tuerca de bronce y luego quitar el eje roscado.

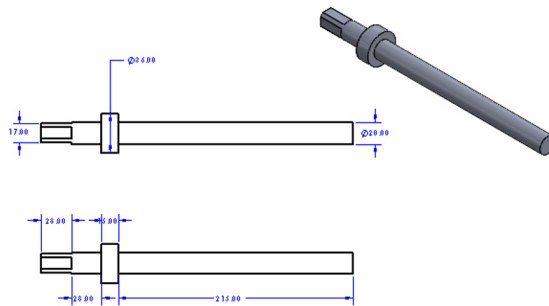


Rosca hembra de bronce de movimiento lateral.



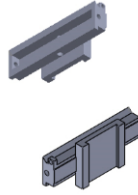
Rosca de movimiento lateral.

5. Desmontar eje de desplazamiento vertical quitando piñón cónico y quitar eje.



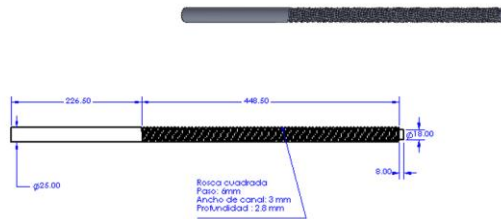
Eje de desplazamiento vertical.

6. Para desmontar la pieza guía de desplazamiento vertical se tiene que sacar todo el eje roscado por la parte inferior quitando el pin de fijación y sacar esta pieza por la parte baja de la maquina (en dirección a la base).



Guía de desplazamiento lateral.

7. Todas estas piezas deben de limpiarse para evacuar residuos sólidos como virutas y también para eliminar grasa vieja que pueda estar contaminada.



Rosca de movimiento vertical.

8. Cuando se arme el mecanismo de regreso engrasar con grasa de uso general para que ocurra un deslizamiento optimo entre piezas.

Ajustes de Piezas:

Asegúrate de que todas las tuercas, tornillos y pernos estén bien ajustados. Esto es importante realizarse después de cada rutina de mantenimiento para el funcionamiento seguro y eficiente de la máquina.

Pruebas de Funcionamiento:

Después de realizar el mantenimiento, realiza una prueba de funcionamiento para asegurarte de que todo esté en orden. Observa cualquier ruido inusual o vibraciones.

MANTENIMIENTO MENSUAL

El mantenimiento mensual de un cepillo mecánico es esencial para garantizar su funcionamiento eficiente y prolongar su vida útil. A continuación, se presenta una lista de tareas recomendadas para el mantenimiento mensual:

Inspección General

Revisión Visual: Realiza una inspección visual de la máquina para detectar signos de desgaste, daños o piezas sueltas.

Verificación de Componentes: Asegúrate de que todos los componentes, como la mesa, el ariete y los mecanismos de ajuste, estén en buen estado.

Limpieza

Superficies Exteriores: Limpia las superficies exteriores de la máquina para eliminar polvo y residuos.

Superficies de Trabajo: Limpia la mesa y las áreas de trabajo para evitar la acumulación de virutas y suciedad.

Cojinetes y Engranajes: Limpia los cojinetes y engranajes para eliminar cualquier residuo de lubricante viejo o suciedad.

MANTENIMIENTO ANUAL

Rutina de mantenimiento	Frecuencia
Revisión y lubricación de balero de polea de transmisión.	Cada tres meses
Revisión y lubricación de bujes de bronce de eje de piñones.	Cada 6 meses
Desmontaje de torre porta herramienta revisión y limpieza.	Cada 12 meses
Desmontaje limpieza y lubricación de carnero	Cada 3 meses
Limpieza revisión y lubricación de mecanismo de biela y piñón con pin excéntrico.	Cada 6 meses
Limpieza y lubricación de meza desplazadora.	Cada 12 meses

RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

La resolución de problemas en un cepillo mecánico implica identificar y corregir fallos o malfuncionamientos que pueden afectar su rendimiento. A continuación, se presentan algunos problemas comunes, sus posibles causas y soluciones:

El Motor No Arranca.	
Causas Posibles:	Soluciones:
Falta de energía eléctrica.	Verifica la conexión eléctrica y asegúrate de que la máquina esté conectada a una fuente de energía.
Interruptor de encendido defectuoso.	Revisa el interruptor de encendido y reemplázalo si es necesario.
Fusible quemado.	Cambia el fusible si está quemado.

Ruidos Inusuales Durante la Operación	
Causas Posibles:	Soluciones:
Falta de lubricación en los cojinetes o engranajes.	Lubrica adecuadamente todos los puntos de lubricación según las recomendaciones del fabricante.
Piezas desgastadas o dañadas.	Inspecciona las piezas para detectar desgaste y reemplaza las que estén dañadas.

Desgaste Irregular de la Herramienta	
Causas Posibles:	Soluciones:
Alineación incorrecta de la herramienta.	Alinea correctamente la herramienta y verifica su posición.
Velocidad de corte inadecuada.	Ajusta la velocidad de corte según las especificaciones del material que se está trabajando.

El carnero No Se Mueve	
Causas Posibles:	Soluciones:
Problemas en el sistema de clutch.	Verifica el funcionamiento del embrague y ajusta o repara según sea necesario.
Falta de aceite en el sistema de lubricación.	Asegúrate de que el depósito de aceite esté lleno y que el sistema de lubricación esté funcionando correctamente.

Vibraciones Excesivas	
Causas Posibles:	Soluciones:
Base de la máquina no nivelada.	Asegúrate de que la máquina esté nivelada y ajusta las patas si es necesario.
Piezas sueltas o desgastadas.	Revisa y aprieta todas las piezas sueltas.

Fallo en los Controles de Seguridad	
Causas Posibles:	Soluciones:
Interruptores de seguridad defectuosos.	Revisa y reemplaza los interruptores de seguridad defectuosos.
Mal funcionamiento de los sensores.	Verifica el funcionamiento de los sensores y ajusta o repara según sea necesario.

Problemas de Ajuste de Carrera	
Causas Posibles:	Soluciones:
Eje de ajuste de carrera dañado.	Inspecciona el eje de ajuste y reemplázalo si está dañado.
Mal funcionamiento de la palanca de ajuste.	Verifica la palanca de ajuste y asegúrate de que funcione correctamente.

CONCLUSION

En conclusión, el mantenimiento y la resolución de problemas en un cepillo mecánico son fundamentales para asegurar su rendimiento óptimo y prolongar su vida útil. La identificación temprana de problemas, junto con un mantenimiento regular y adecuado, puede prevenir fallos mayores y costosos.

Es esencial seguir las recomendaciones de los fabricantes en cuanto a lubricación, ajustes y revisiones periódicas. La atención a los detalles, como la alineación de las herramientas y el nivelado de la máquina, también juega un papel crucial en la operación eficiente.

Además, mantener un registro de los problemas y las soluciones aplicadas no solo ayuda a mejorar el proceso de mantenimiento, sino que también proporciona información valiosa para futuras intervenciones. Al adoptar un enfoque proactivo hacia el mantenimiento y la resolución de problemas, se puede maximizar la productividad y la seguridad en el entorno de trabajo.

En resumen, la correcta operación y mantenimiento de un cepillo mecánico son esenciales para garantizar su eficiencia y durabilidad. La identificación y resolución de problemas comunes, como fallos en el motor, ruidos inusuales, y problemas de lubricación, son pasos cruciales que deben ser abordados de manera sistemática.

La implementación de un programa de mantenimiento preventivo, que incluya revisiones regulares y la lubricación adecuada, no solo minimiza el riesgo de fallos, sino que también optimiza el rendimiento de la máquina. Además, la documentación de problemas y soluciones contribuye a un mejor entendimiento del funcionamiento de la máquina y facilita futuras intervenciones.

Al adoptar estas prácticas, se asegura un entorno de trabajo más seguro y productivo, lo que se traduce en una mayor eficiencia operativa y una prolongación de la vida útil del equipo.

4.2 GUIAS DE PRÁCTICA DE LABORATORIO



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

DEPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA

LABORATORIO No 1:

RECONOCIMIENTO DE PARTES DEL CEPILLO MECANICO.

1.- OBJETIVO:

El estudiante será capaz de identificar las partes principales del cepillo mecánico y describirá la función de cada parte.

2.- EQUIPO UTILIZADO:

- Cepillo mecánico.
- Libro de Apuntes.
- Calibrador Vernier.

3.- TEORÍA:

La limadora mecánica es una máquina herramienta utilizada para mecanizar piezas mediante el arranque de viruta, gracias al movimiento lineal alternativo de la herramienta, que realiza el corte.

La mesa que sostiene la pieza a mecanizar se desplaza transversalmente, permitiendo un avance intermitente en ciertos casos, como la creación de superficies planas o ranuras equidistantes. Además, tanto la herramienta como la mesa pueden ajustarse verticalmente, ya sea de forma manual o automática, para incrementar la profundidad de corte.

Esta máquina es ideal para el mecanizado de piezas pequeñas y medianas. Su manejo sencillo y bajo consumo energético la convierten en una opción preferible frente a otras máquinas herramienta, especialmente para trabajar superficies planas de menos de un metro de longitud.

Componentes principales de una limadora:

Las partes de la limadora la podemos observar en la figura 1.1 y son las siguientes:

1. Volante para bajar o subir el carro Portaherramientas

2. Carro Portaherramientas (soporte portaherramientas)
3. Mordaza para sujeción de las piezas
4. Mesa
5. Soporte para apoyo de la mesa
6. Soporte para apoyo de la mesa
7. Bancada
8. Guías de deslizamiento horizontal de la mesa
9. Volante para accionamiento manual de la mesa
10. Tornillo para seleccionar recorrido del avance automático, y freno correspondiente
11. Tornillo para graduar el recorrido del carnero, y freno de fijación
12. Polea del embrague para accionamiento de los mecanismos
13. Palanca del embrague
14. Volante para situar el recorrido del carnero
15. Carnero o carro
16. Palanca para fijar el carnero en la situación seleccionada
17. Husillo para movimiento vertical del conjunto carro-mesa
18. Volante para mover manualmente el carnero, solamente con máquina parada
19. Eje para colocación de la palanca de accionamiento de subir y bajar carro-mesa

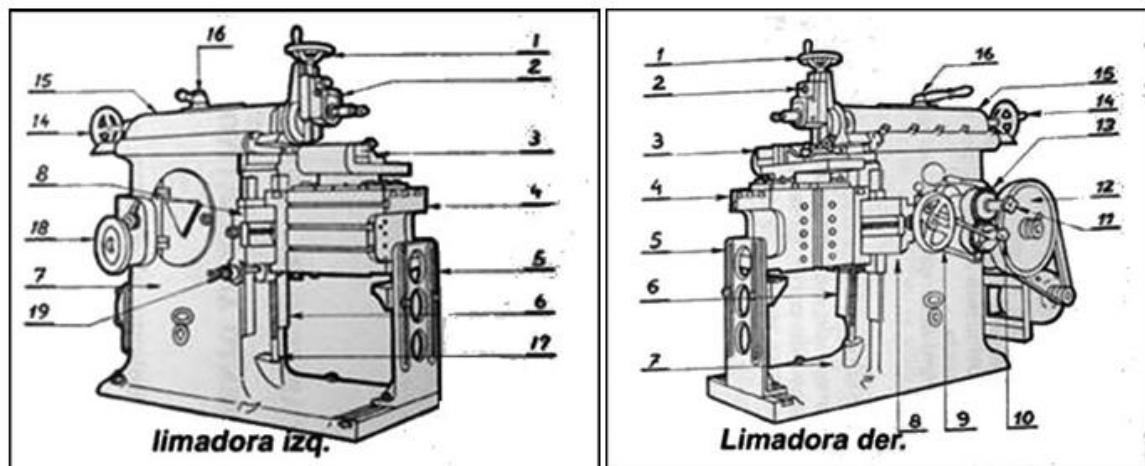


Ilustración 14: Partes del cepillo mecánico.

Como trabaja una Limadora: Las partes principales de la limadora, se distribuyen en: Bancada, Carnero y Mesa. Para entender el funcionamiento observemos la figura 1.2 y 1.3
Fig.1.2 Esquema de Movimiento

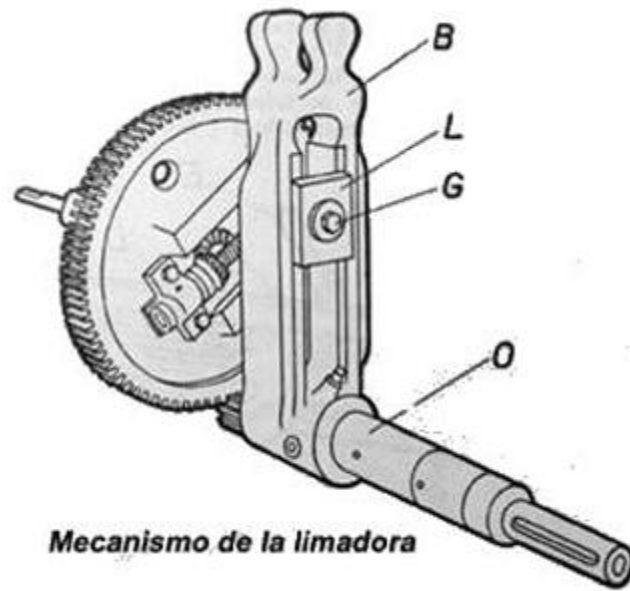


Ilustración 15: Movimiento biela-piñón.

La bancada o soporte general es donde están colocados los mecanismos de marcha-parada, la caja de velocidades y los mecanismos que regulan el movimiento alternativo del carnero. El motor, gira y comunica el movimiento a la caja de velocidades, ésta lo transmite al eje **O**, el cual lleva un engranaje pequeño que hace girar la corona dentada. En el centro de dicha corona, están alojados los distintos mecanismos para conseguir que la bancada o soporte general es donde están colocados los mecanismos de marcha-parada, la caja de velocidades y los mecanismos que regulan el movimiento alternativo del carnero. El motor, gira y comunica el movimiento a la caja de velocidades, ésta lo transmite al eje **O**, el cual lleva un engranaje pequeño que hace girar la corona dentada. En el centro de dicha corona, están alojados los distintos mecanismos para conseguir que el gorrón **G**, accione el taco **L**, alojado en la biela ranurada **B**, que recibirá un movimiento angular alternativo alrededor del eje **O** y cuya amplitud dependerá del recorrido de **L**, el gorrón **G**, accione el taco **L**, alojado en la biela ranurada **B**, que recibirá un movimiento angular alternativo alrededor del eje **O** y cuya amplitud dependerá del recorrido de **L**.

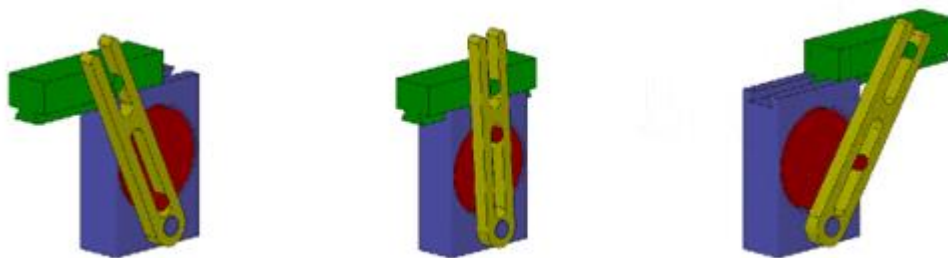


Ilustración 16: Esquema de movimiento.

En el funcionamiento de la máquina, se aprecia que la velocidad de desplazamiento durante el corte es más lenta que en el retroceso. La parte superior de la biela finaliza en unos empujadores que activan el movimiento alternativo del carnero.

El carnero es un carro que se desplaza de forma alterna y, en uno de sus extremos, cuenta con una torreta orientable que incluye el carro portaherramientas o *charriot*. Este último se mueve mediante el husillo y su volante correspondiente. Además, el portaherramientas puede girar sobre un eje, permitiendo que la herramienta se eleve durante el retroceso para evitar el roce con la pieza.

Los movimientos de trabajo de la limadora son:

1. Movimiento de corte(C): por desplazamiento longitudinal de la herramienta.
2. Movimiento de avance (S): por desplazamiento transversal de la pieza.
3. Movimiento de profundidad de pasada (P): por desplazamiento vertical de la herramienta

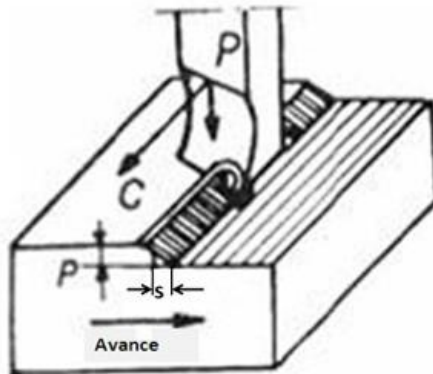


Ilustración 17: Movimiento de corte.

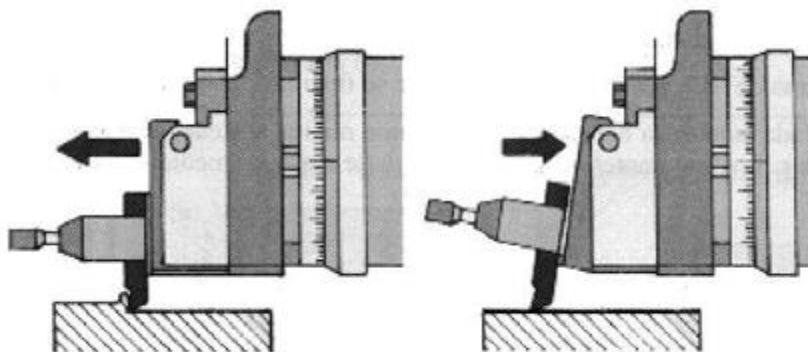


Ilustración 18: Movimiento de corte y retroceso.

Las operaciones más frecuentes que se realizan en una Limadora son:

El planeado De superficies horizontales, verticales e inclinadas

Ranurado (chaveteros o cuñeros)

El perfilado o formas que se pueden realizar como trabajos típicos de la limadora son:

- El mecanizado de colas de milano
- El labrado de superficies cónicas
- El tallado de piñones cónicos para montajes especiales

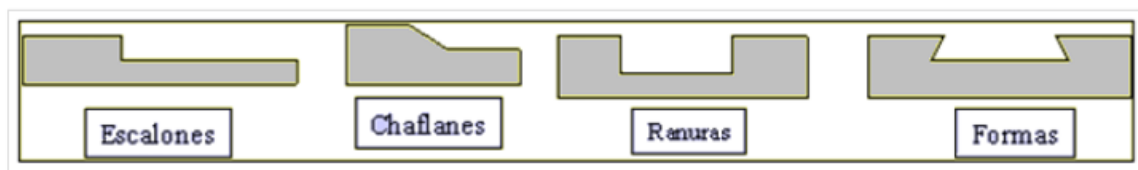


Ilustración 19: Operaciones que se pueden realizar en una limadora.

Herramientas de corte para Limadoras

Las herramientas de corte que se usan en las Limadoras son semejantes a las que se usan en los tornos. La figura 1.8 muestra herramientas de corte para diversas operaciones de maquinado que se llevan a cabo con la Limadora. La mayor parte de las herramientas de corte para Limadoras sólo necesitan una pequeña cantidad de desahogo; por lo general de 3 a 5° para desahogo frontal y lateral. Los ángulos de inclinación laterales varían según el material que se esté maquinando. Para el acero se usa por lo general de 10 a 15°. El hierro colado necesita de 5 a 10° y el aluminio de 20 a 30° de inclinación lateral.

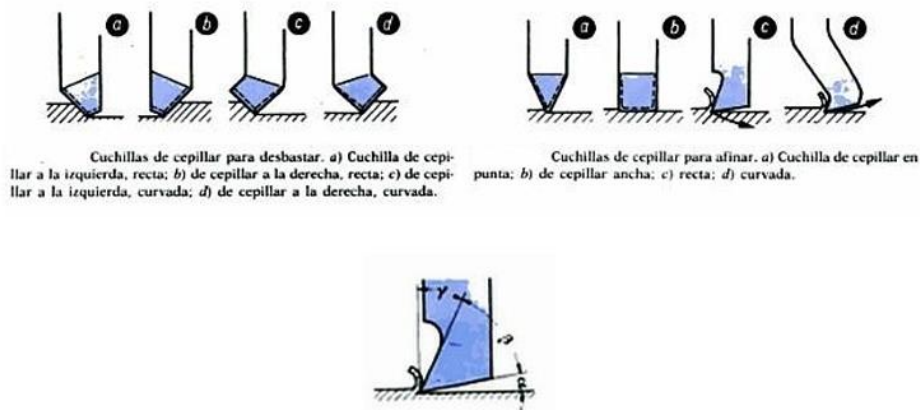


Fig. 1.8 Tipos y Ángulos de una cuchilla de Limar o cepillar: α Ángulo de incidencia, β Ángulo de filo y γ Ángulo de ataque

Ilustración 20: Tipos y ángulos de cuchilla de corte.

Ajustes de la Limadora

Antes y durante las operaciones es necesario realizar ciertos ajustes. Estos ajustes bien realizados nos ayudarán a incrementar la producción. La mayor parte de las piezas que se maquinan en una Limadora se sujetan a la mesa con anclajes propios para que sujeten las piezas muy bien, si las piezas son pequeñas se pueden ajustar mediante mordazas y tornillos paralelos. Si las piezas son grandes se sujetan con bridas, cuñas y tornillos.

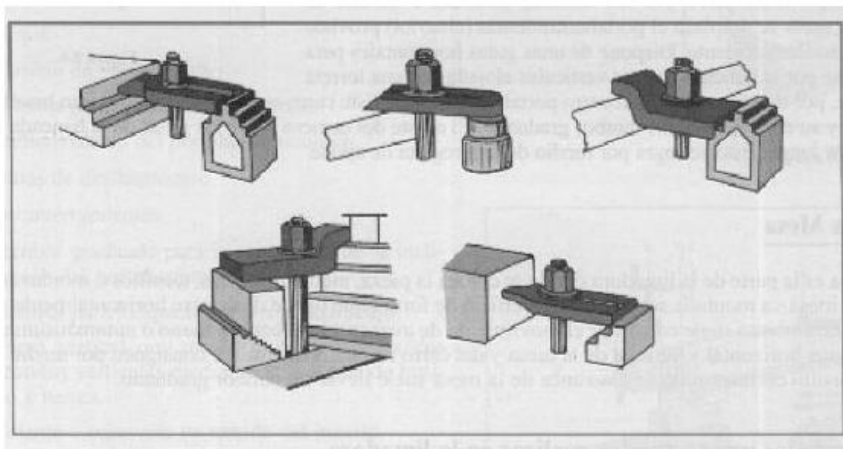


Ilustración 21: fijación por medio de bridas.

Para la realización de la guía práctica 2, será necesario fijar la pieza a trabajar en la prensa en la mesa del cepillo como se muestra en el siguiente diagrama.

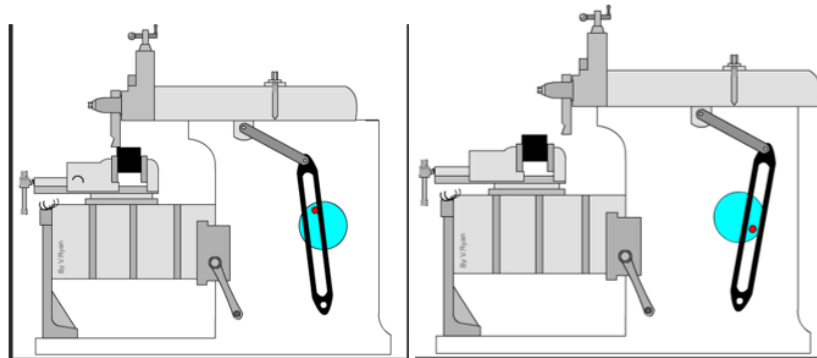


Ilustración 22: fijación en prensa y movimiento de corte.

Ajustes del carnero o carro

Se deben hacer los ajustes en el carnero, antes de maquinar la pieza. Antes de comenzar el trabajo con la limadora, es preciso graduar el recorrido del carnero, su posición respecto a la pieza, seleccionar la velocidad, graduar el volante para situar el recorrido del carnero y la palanca para fijar el carnero en la situación seleccionada. La carrera del carnero se debe graduar de modo que sea mayor que la longitud de la pieza, aproximadamente 15 mm. por cada extremo, para que la herramienta tenga espacio de recuperación

Ajustes de velocidad y avance.

La velocidad de una limadora es el número de dobles carreras de corte que hace el carnero en un minuto y depende de lo siguiente:

- Tipo del material que se va a cortar.
- Tipo de herramienta de corte.
- Rigidez de la preparación y de la herramienta de maquinado.
- Profundidad de corte.
- Uso de fluidos de corte.

El avance en la limadora es la distancia que recorre la mesa después de cada carrera de corte. Por lo general, el avance necesario depende de las mismas variables que determinan las velocidades de corte. Los avances de la limadora se regulan mediante el Tornillo para seleccionar recorrido del avance automático, y freno correspondiente.

Al afinar o acabado final, se debe mantener la profundidad de corte y el avance con valores pequeños

Cálculo de la producción de una Limadora

Para el cálculo de la producción de una limadora es necesario conocer el número de dobles carreras que se deben realizar, para ello se utiliza la siguiente fórmula:

$$n = v_m / 2 L$$

En donde

n = número de dobles carreras

V_m = velocidad media de la máquina en m/min

L = longitud a limar más las longitudes anterior y posterior en metros.

- **Calcular n si $v_m = 2$ m/min y $L = 181$ mm.**

La velocidad media de la máquina se puede obtener de la siguiente ecuación o en las tablas de datos.

$$v_m = 2 (v_a \cdot v_r) / (v_a + v_r)$$

En donde

v_a = velocidad de trabajo

v_r = velocidad de retroceso

- **Calcular V_m del cepillo en su velocidad más baja:**

Se recomienda trabajar en la velocidad de corte más lenta de la máquina por motivos de facilitación de la utilización del equipo.

Si la velocidad de trabajo $v_a = 8.4$ m/min y la velocidad de retroceso $v_r = 6$ m/min calcule la velocidad media de la máquina.

Estas se obtienen de dividir la longitud total L (m) entre el tiempo (min) que la máquina tarda en la carrera de trabajo o de retroceso.

- **Calcular v_a y v_r si $t_a = 1.3$ s y $t_r = 1.8$ s y $L = 181$ mm.**

$v_a = L/t_a$ (t_a , tiempo de carrera de trabajo)

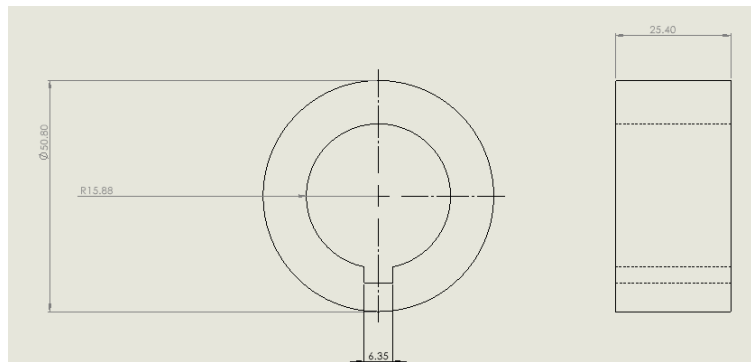
$$v_r = L/t_r \quad (t_r, \text{ tiempo de carrera de retorno})$$

Donde **L** es la carrera total de la herramienta y viene dada por: $L = l_a + l_u + l$



Fig. 1.10 Longitud de la carrera de la herramienta

Calcular la longitud de carrera para la siguiente pieza:



Tomando en cuenta de que la longitud del cuñero(l) es de 25.4mm (1 inch) y $L = 181\text{mm}$ calcule cuales son las medidas de lu y la si $la = 2lu$

Para calcular el tiempo principal de mecanizado:

a) Se calcula el número de dobles carreras que serán necesarias para el trabajo de la pieza por medio de la ecuación.

$$Z = B / S$$

Donde:

Z = número de dobles carreras para el trabajo total en la pieza

B = Profundo de la superficie a trabajar en mm.

S = avance de la máquina

- **Calcular Z si $B = 3.2\text{ mm}$ y $S = 0.1\text{ mm}$ (Avance recomendado para optimo corte y mayo duración de filo de herramienta).**

b) Se calcula el tiempo que la máquina utiliza en cada doble carrera.

$$t = t_a + t_r$$

En donde:

t_a = tiempo que ocupa la máquina en la carrera de trabajo (min)

t_r = tiempo que ocupa la máquina en la carrera de retroceso (min)

t = tiempo total de una doble carrera (min)

- **Calcular t si $t_a = 1.3$ s y $t_r = 1.8$ s**

c) Por último se calcula el tiempo principal de cepillado por medio de la siguiente fórmula.

$$T_p = Z \times t$$

Z , fue calculada en el paso a

t , fue calculado en el paso b



UNIVERSIDAD TÉCNICA LATINOAMERICANA

DEPTO. DE INGENIERÍA MECÁNICA

LABORATORIO No 2:

MAQUINADO DE PIEZAS CON CEPILLO.

A.- OBJETIVO:

Enseñar a los estudiantes de ingeniería mecánica los pasos básicos, la seguridad y los ajustes necesarios para operar un cepillo mecánico de manera eficiente y segura, específicamente para el mecanizado de cuñeros con el fin de reforzar los conocimientos aprendidos en tecnología industrial sobre maquinas herramientas.

B.- EQUIPO UTILIZADO:

- Cepillo mecánico.
- Esmeril.
- Portaherramientas.
- Buril de ¼" de ancho de filo.
- Prensa mordaza.
- Juego de llaves españolas en mm y en pulgadas.
- Juego de llaves Allen, en mm y en pulgadas.
- Martillo.
- Escuadra universal.
- Calibrador Vernier.
- Zapatos de seguridad.
- Lentes de seguridad.
- Refrigerante.

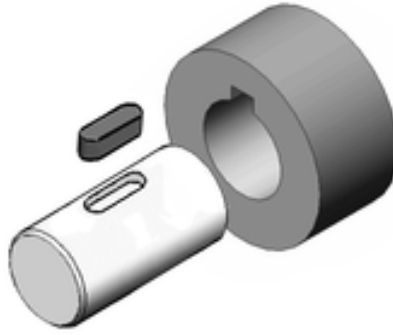
C.- PARTES PRINCIPALES:

- **Mesa o bancada:** Soporte donde se fija la pieza de trabajo.
- **Carro portaherramientas:** Porta la herramienta de corte y permite el movimiento lineal alternativo.
- **Sistema de avance:** Controla el movimiento de la pieza para ajustar el mecanizado.
- **Motor y transmisión:** Proveen la fuerza necesaria para el movimiento de la herramienta.
- **Ajustes de carrera:** Regulan la longitud del desplazamiento de la herramienta.

D.- TEORÍA:

Cuñas: Son componentes de acero que descansan parcialmente sobre una hendidura del eje conocida como caja de cuña o cuñero, y penetran con el resto de su longitud en un alojamiento del cubo de la pieza que se desea fijar, denominado cuñero. Se emplean para asegurar al eje diversas partes de maquinaria, como engranajes, poleas, manubrios o brazos de cigüeñal, entre otros, de modo que el movimiento de la pieza se transmita al eje o viceversa. Además, cumplen una función de seguridad, ya que su tamaño está calculado de forma que, en caso de sobrecarga, la cuña se deforme o rompa, protegiendo así el eje.

Las cuñas se usan en el ensamble de partes de máquinas para asegurarlas contra su movimiento relativo, por lo general rotatorio, como es el caso entre flechas, cigüeñales, volantes, etc. Aun cuando los engranajes, las poleas, etc. están montados con un ajuste de interferencia, es aconsejable usar una cuña diseñada para transmitir el momento torsionante total. Cuando las fuerzas relativas no son grandes, se emplea una cuña redonda, una cuña de silleta o una cuña plana. Para trabajo pesado son más adecuadas las cuñas rectangulares.



Ensamble de eje con buje con una cuña de tracción.

E.-MEDIDAS DE SEGURIDAD:

- 1.-Portar equipo de protección personal al momento de realizar la práctica.
- 2.-Hacer una revisión general de la maquina evaluando que no existan elementos sueltos o mal apretados y que la maquina se encuentre limpia.
- 3.-Corroborar que esta puesta la guarda del sistema de transmisión de la máquina.
- 4.-Verificar que la maquina este apagada mientras se realiza el montaje de herramienta de corte y de pieza a trabajar.
- 5.-Revisar que el sistema eléctrico se encuentra en bien conectado, que no hallan cables sueltos o terminales flojos.
- 6.-No tocar la herramienta de corte mientras este en movimiento ni meter las manos entre el buril y la pieza a maquinar, puede resultar en una lesión grave o mutilación.

F.-NORMAS DE CONDUCTA:

- 1.-Procurar respeto mutuo con los demás compañeros del grupo de trabajo.
- 2.-Abstenerse de hacer bromas durante la utilización de la máquina.

- 3.-Estar concentrado durante toda la duración de la práctica para garantizar un desarrollo eficiente y además evitar accidentes.
- 4.-No utilizar su celular durante la práctica excepto para tomar fotos del proceso o para utilizar su calculadora.
- 5.-No utilizar relojes de manos, pulseras, anillos o cualquier otro accesorio que pueda quedar atrapado en la maquina incluyendo cadenas o collares.
- 6.-Señoritas o caballeros con cabello largo portarlo recogido.
- 7.-Mantener una actitud proactiva y con seriedad mientras se esté en el laboratorio.
- 8.-Recordar que es una maquina industrial que puede causar accidentes graves ocasionando lesiones o hasta amputaciones.

G.-EQUIPO DE SEGURIDAD PERSONAL:

1. -Gafas transparentes de protección visual.
2. -Botas industrial de preferencia con cubo de seguridad.
3. -Pantalón jeans, no calzonetas licras o faldas.
4. -Camiseta cómoda, de preferencia portar gabacha de seguridad.

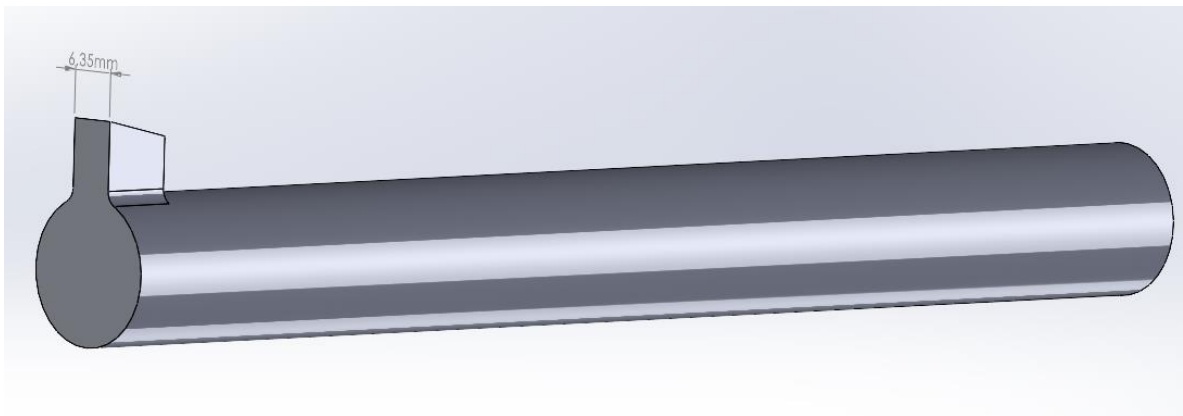
H.-PREPARACION DE LA PRACTICA:

- 1.Utiliza el equipo de protección personal y aplica las medidas de seguridad e higiene durante el desarrollo de la práctica.
- 2.Prepara el equipo, las herramientas y los materiales a utilizar.

I.-AFILADO DE LAS HERRAMIENTAS DE CORTE PARA EL CEPILLO:

1. Selecciona la piedra de esmeril adecuada para afilar la herramienta de corte.

2. Realiza los afilados de las herramientas de corte, (se recomienda practicar primero los afilados con trozos de varilla):
3. Verifica que al poner la herramienta de corte a contraluz solo tenga una cara.
4. Verifica dimensión de buril con calibrador vernier: en este caso se va a cortar una ranura de 5/16" entonces el filo del buril debe tener esa medida.
5. Haz una inclinación a la herramienta de corte para la salida de la viruta.



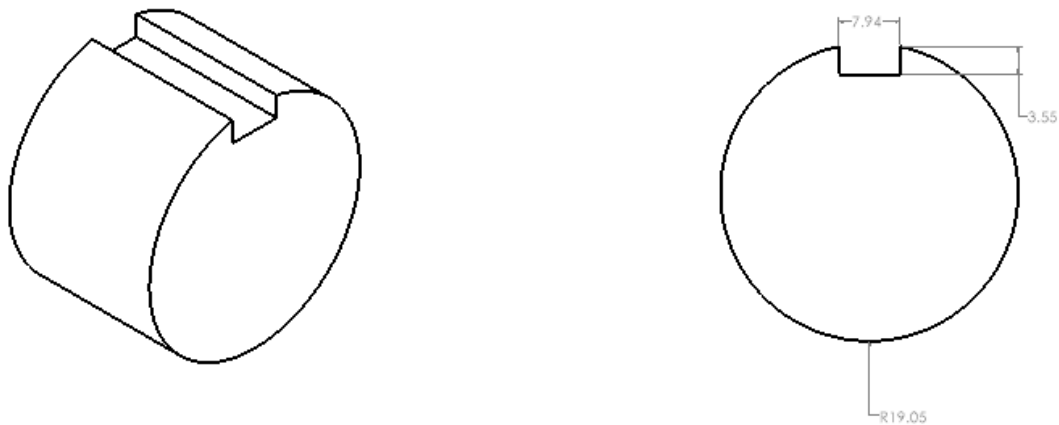
Ejemplo de geometría de buril.

J.-SUJECCION DE LA PIEZA DE TRABAJO EN EL CEPILLO.

1. Aprieta el tornillo de sujeción de la herramienta.
2. Coloca la prensa mordaza en la mesa del cepillo.
3. Asegura la prensa mordaza a la mesa del cepillo.
4. Verificar alineación de prensa respecto al cepillo utilizando escuadra.
5. Coloca la herramienta de corte en el portaherramientas dando la posición adecuada, tiene que estar el filo paralelo a la prensa apuntando hacia abajo (o también arriba).

6. Coloca la pieza de trabajo en el en la prensa mordaza o realiza la sujeción directa a la mesa.
7. Aprieta la pieza en la prensa.
8. Aprieta las tuercas para fijación, si se utiliza sujeción directa.
9. Verificar alineación de la pieza respecto a la prensa utilizando la escuadra universal.
10. Alinear el buril al centro del agujero interno del buje el cual se va a maquinar.

K.-MAQUINADO DE CUÑERO DE 5/16”.



Dibujo mecánico de la pieza a maquinar. Las medidas están dadas en mm.

1. La pieza que se va a maquinar es una arandela de tivar de diámetro de 1.5 pulgadas y se mecanizara una ranura de 5/16 pulgadas de ancho y 5/32 pulgadas de profundo.
2. Sujeta la pieza de trabajo en la prensa mordaza se tiene que sujetar la pieza alineada con la prensa debidamente.

3. Reposiciona el carnero de manera que se obtenga por lo menos $\frac{1}{2}$ " de previaje y $\frac{1}{4}$ " de viaje más allá de la pieza de trabajo.
4. Ajusta el dental que lleva el portaherramientas de charnela de manera que le permita oscilar librando a la pieza de trabajo en la carrera de retorno.
5. Reajusta la vertical de la herramienta de corte.
6. Acerca la mesa al nivel de la pieza y la fija firmemente.
7. Levanta y asegura el soporte de la mesa.

L.-PUESTA EN MARCHA

1. -Una vez este alineados todos los elementos citados previamente, se procede a encender el motor, enclochar el sistema de transmisión para que el cepillo empiece a realizar el movimiento alternativo.
2. -Con la manivela de desplazamiento vertical de la torre porta herramienta, se tiene que ir girando para que el buril vaya realizando un corte de una décima de milímetro de profundidad (0.10 mm) por cada carrera del carnero.
3. -Seguir este proceso hasta que la profundidad del cuñero sea la requerida, en este caso al ser un cuñero de $\frac{5}{16}$ " la profundidad tiene que ser de $\frac{5}{32}$ ".
4. -Antes de desmontar la pieza verificar las medidas del cuñero, su profundidad y su ancho.
5. -Desmontar la pieza.
6. -Una vez desmontada la pieza limar el cuñero interno para eliminar las rebabas o filos que quedan en las aristas del cuñero.

N.-APAGADO Y MANTENIMIENTO:

1. Apaga la máquina y espera a que se detenga completamente.
2. Limpia la máquina para evitar la acumulación de virutas.
3. Verifica la herramienta de corte; si está desgastada, reemplázala antes del próximo uso.

O.-CONSEJOS PRACTICOS:

1. Realiza cortes pequeños y precisos en lugar de intentar mecanizar todo de una vez.
2. Asegúrate de que la herramienta esté siempre afilada para evitar sobrecalentamientos o cortes imprecisos.
3. Ajusta la velocidad de la máquina según el tipo de material.

4.3 CONCLUSIONES.

El proyecto “Restauración de Cepillo Mecánico” tuvo como objetivo principal dotar a la Universidad Técnica Latinoamericana de una máquina-herramienta funcional que fortalezca la enseñanza impartida en la carrera de Ingeniería Mecánica, especialmente en las materias de Tecnología Industrial. Este esfuerzo busca mejorar la calidad educativa al ampliar los métodos de aprendizaje, permitiendo que los estudiantes adquieran y refuercen conocimientos esenciales para su desempeño profesional.

El proyecto representa un valioso recurso educativo, fomentando la participación proactiva de los estudiantes en un aprendizaje integral que combina teoría y práctica. Esto no solo mejora la retención de conocimientos, sino que también solidifica sus fundamentos en el mecanizado por arranque de viruta. Asimismo, la restauración de esta máquina industrial ofrece un entorno de aprendizaje realista, beneficiando especialmente a aquellos interesados en áreas como el mantenimiento industrial y los centros de maquinado.

Haciendo énfasis en las cuñas y los cuñeros como elementos mecánicos esenciales en la maquinaria industrial, ampliamente utilizados en diversas piezas mecánicas que abarcan una gran variedad de sectores, como la industria farmacéutica, manufactura textil, fábricas de productos metálicos, moliendas e industria alimentaria, entre otros.

Asimismo, una máquina-herramienta de este tipo ofrece una versatilidad significativa, ya que puede emplearse en un amplio rango de aplicaciones. Su potencial depende únicamente de las herramientas utilizadas, los materiales disponibles y las dimensiones de las piezas a trabajar, factores que el operador debe considerar para maximizar su aprovechamiento

4.4 RECOMENDACIONES.

El cepillo mecánico es solo una de un vasto número de máquinas-herramientas siendo apenas un parteaguas para un estudio mucho más profundo de estas, se recomienda la investigación más amplia sobre cada una de las maquinas del mecanizado para una mejor preparación en el área de mecanizado.

Utilizar hierro o acero de baja dureza como probetas para realizar las prácticas de ranurado, ya que con aceros con mayor dureza representan una mayor dificultad para trabajarlos aumentando el tiempo de maquinado.

Para medir es necesario el uso de calibrador vernier o “pie de rey”, es suficiente con un calibrador análogo, aunque si se busca una mayor precisión de medida es más eficiente un calibrador digital.

Seguir todas las medidas de seguridad citadas antes y durante la operación de la máquina.

Utilizar buriles de cobalto del 8% debidamente afilados pues son los de mejor rendimiento para este tipo de operación de arranque de viruta.

El proceso de corte es más eficiente en intervalos de poca profundidad de corte por cada carrera, se recomendando no utilizar profundidades mayores a 0.2 mm también para aumenta la vida útil del buril.

Mecanizar ranuras de entre $\frac{1}{4}$ ” o $\frac{5}{16}$ ” para un menor tiempo de duración de práctica, a pesar de que la maquina tiene capacidad de mecanizar ranuras de mayor ancho y profundidad se recomiendan estas medidas para que el tiempo de duración de la práctica de laboratorio sea idóneo para una enseñanza fluida.

4.5 BIBLIOGRAFÍA.

- Herramientas, Maquinas y trabajo Autor: Walter Bartsch
- Diseño de elementos de máquinas Autor: Libardo Vicente Vanegas Useche
- Máquinas y herramientas, Guía didáctica. Autor: Luis Schvab
 - Linkografía
- https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/#investigacion_aplicada
 - Tipos de investigación y sus características
 - Autor: Andrés Muguirá
- https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/#investigacion_aplicada

4.6 FOTOGRAFÍAS.

Fotos del cepillo mecánico antes de la restauración.



Ilustración 23: Cepillo mecánico antes de restauración.



Ilustración 24: Cepillo mecánico antes de restauración.



Ilustración 25: Restauración de cepillo mecánico.



Ilustración 26: Cepillo restaurado.



Ilustración 27: Cepillo mecánico restaurado.

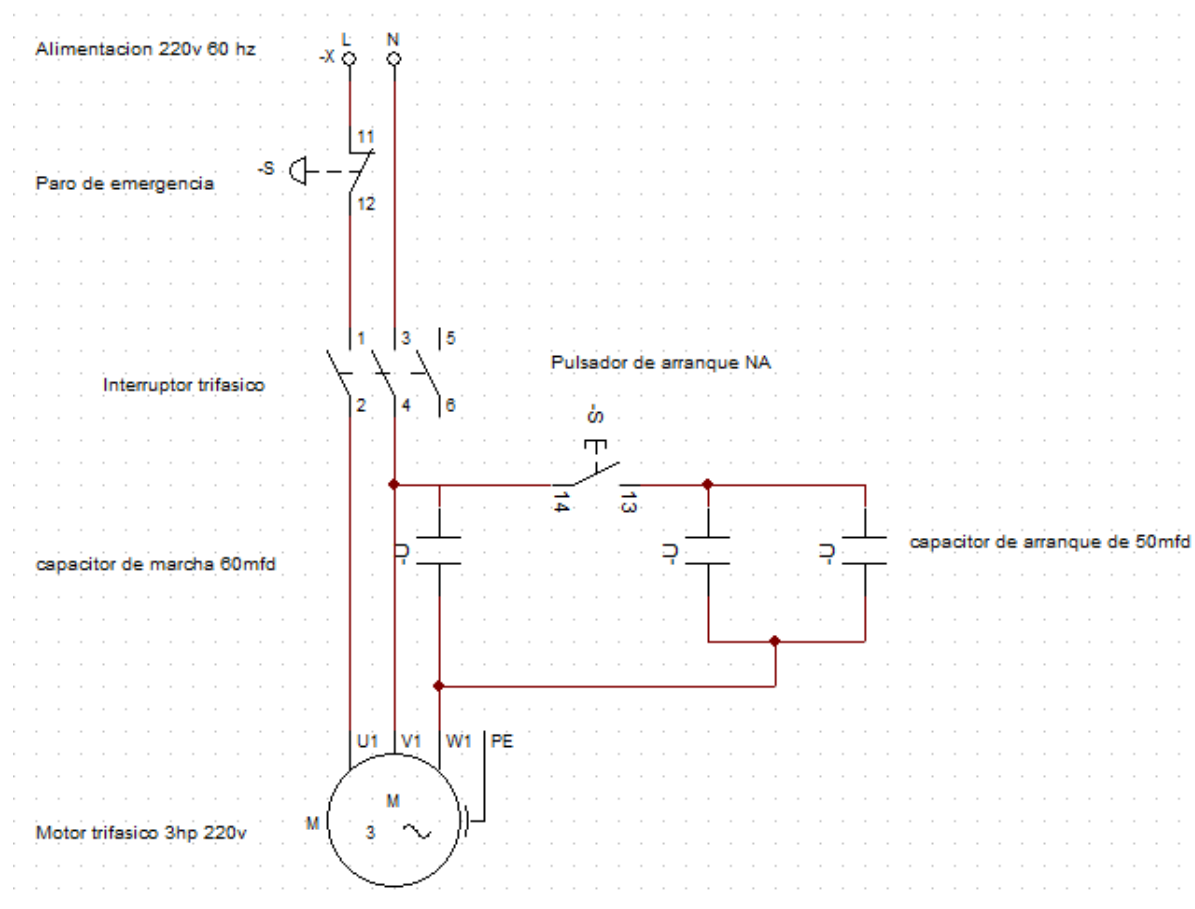


Ilustración 28: Circuito de arranque de motor