

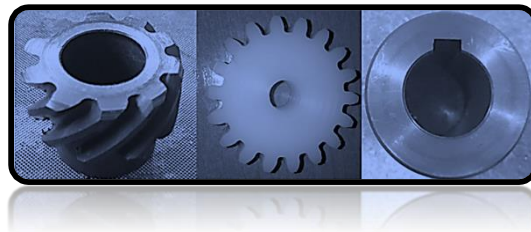
**TRABAJO DE FIN DE GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

*“Etapas en el proceso de fabricación  
mecánica de elementos en plástico y  
su aplicación didáctica”*

**UNIVERSIDAD DE LA LAGUNA**

**ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA**

**SECCIÓN DE NÁUTICA, MÁQUINAS Y RADIOELECTRÓNICA NAVAL**



**ESTEBAN MIGUEL PAREDES DÍAZ**

**MARZO 2019**

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

# “Etapas en el proceso de fabricación mecánica de elementos en plástico y su aplicación didáctica”



**ESTEBAN MIGUEL PAREDES DÍAZ**

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**MARZO 2019**

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN DIDÁCTICA*

Dr. Don Federico Padrón Martín, Profesor contratado Doctor tipo I del área de Ingeniería de los Procesos de Fabricación, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna hace constar que:

D. Esteban Miguel Paredes Díaz, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

*“Etapas en el proceso de fabricación mecánica de elementos en plástico y su aplicación didáctica.”*

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

En Santa Cruz de Tenerife a 08 de febrero de 2019



Fdo. Federico Padrón Martín  
Director de Trabajo de Fin de Grado

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

Don Alexis Dionis Melián, profesor titular del área de Construcciones Navales, perteneciente a la unidad departamental de Ingeniería Marítima de la Universidad de La Laguna hace constar que:

D. Esteban Miguel Paredes Díaz, ha realizado el trabajo fin de grado bajo mi dirección con el título:

*“Etapas en el proceso de fabricación mecánica de elementos en plástico y su aplicación didáctica.”*

Revisado dicho trabajo, estimo que reúne los requisitos para ser juzgado por el tribunal que sea designado para su lectura.

En Santa Cruz de Tenerife a 08 de febrero de 2019



Fdo. Alexis Dionis Melián  
Co-Director de Trabajo de Fin de Grado

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*



**Agradecimientos:**

En primer lugar, agradecer a mi tutor principal de este Trabajo de Fin de Grado, don Federico Padrón Martín y a don Alexis Dionis Melián por la ayuda, la atención y el incansable interés mostrado hacia mi persona. Les muestro mi aprecio por ello.

A los profesores que me han guiado hasta este preciso instante, ayudándome a desarrollarme como alumno.

Agradecer a don Álex Arvelo Cruz por tantas molestias que le he legado y lo firme que ha estado con sus explicaciones, sus experiencias, su tiempo.

A don Krassi Vandev por abrirme su taller y cederme su tiempo para realizar una práctica especial.

A mi familia, pareja y amigos, ya que no podría haber sido posible sin ellos superar ésta etapa en la Universidad de La Laguna.

Por último, a la universidad, ya que hace posible que cada alumno pueda brindarse un futuro en igualdad de condiciones.

¡Gracias a todos!

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

# **ÍNDICE**

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	19
1.1 – INTRODUCCIÓN .....	21
1.2 – ABSTRACT .....	23
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	25
<b>III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES</b> .....	29
3.1. HISTORIA DE LAS MÁQUINAS – HERRAMIENTAS.....	31
3.2. DISTINTAS MÁQUINAS – HERRAMIENTAS UTILIZADAS .....	34
3.2.1. TRONZADORA .....	35
3.2.2. SIERRA ALTERNATIVA .....	35
3.2.3. ELECTROESMERILADORA .....	36
3.2.4. MORTAJADORA.....	39
3.2.5. TORNO.....	40
3.2.6. FRESADORA .....	48
3.3. CLASIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LAS FRESADORAS .....	50
3.4. LA FRESADORA UNIVERSAL.....	53
3.5. HERRAMIENTAS DE CORTE DE LA FRESADORA.....	58
3.6. CABEZAL DIVISOR .....	63
3.7. PROPIEDADES DE MATERIALES PLÁSTICOS.....	67
3.8. ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO .....	69
<b>IV. METODOLOGÍA</b> .....	71
4.1. DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	73
4.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO .....	73
4.3. MARCO REFERENCIAL.....	73
<b>V. RESULTADOS</b> .....	75
5.1. ENGRANAJE E POLIETILENO .....	77
5.1.1. FRESADORA.....	77
5.1.1.1. PARTES FRESADORA.....	77
5.1.2. FUNCIONAMIENTO.....	79
5.1.3. CÁLCULOS .....	80
5.1.4. PROCEDIMIENTO .....	82
5.2. ENGRANAJE DE TEFLÓN .....	99
5.2.1. TORNO .....	99
5.2.2. CÁLCULOS .....	102

5.2.3. PROCEDIMIENTO.....	102
5.3. FABRICACIÓN DE UN CHAVETERO.....	108
5.3.1. CÁLCULOS.....	108
5.3.2. PROCEDIMIENTO.....	108
5.4. DESCRIPTIVA Y ELEMENTOS ANEXOS DE FRESADORA JARBE CM-60.....	112
5.4.1. LIRA DE APARATO DIVISOR.....	112
5.4.2. VOLANTE DE ACCIONAMIENTO DE MOVIMIENTO.....	113
5.4.3. SOPORTE EN V.....	114
5.4.4. CABEZAL DIVISIÓN SIMPLE.....	114
5.4.5. CONTRAPUNTO AJUSTABLE.....	115
5.4.6. EJE DE TRANSMISIÓN POR CARDANES.....	116
5.4.7. CABEZAL DIVISOR VERTICAL.....	116
5.5. EXPLICACIÓN CABEZAL DIVISOR UNIVERSAL ZEATZ (JARBE CM-60).....	117
5.5.1. PARTES.....	117
5.5.2. PROCEDIMIENTO.....	119
5.6. EJEMPLOS DE TRABAJO DE FRESADO EN UN TALLER DE MECANIZADO.....	120
5.7. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE REALIZAR MECANIZADOS EN PLÁSTICOS CON DISTINTAS M – H.....	122
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>127</b>
<b>VII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>131</b>

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración Nº1. Sierra de cinta.....	35
Ilustración Nº2. Sierra alternativa.....	36
Ilustración Nº3. Electroesmeriladora .....	38
Ilustración Nº4. Mortajadora .....	39
Ilustración Nº5. Movimiento de la herramienta de corte .....	40
Ilustración Nº6. Partes de un torno .....	42
Ilustración Nº7. Posiciones de inversión de marcha .....	43
Ilustración Nº8. Normalización .....	45
Ilustración Nº9. Esquematación del inserto.....	45
Ilustración Nº10. Herramientas de corte, normas ISO 513 .....	47
Ilustración Nº11. Partes de una fresadora .....	49
Ilustración Nº12. Viruta .....	50
Ilustración Nº13. Velocidades de corte y avances.....	52
Ilustración Nº14. Fresadora universal.....	54
Ilustración Nº15. Cabezal de tres husillos.....	54
Ilustración Nº16. Cabezal tipo Gambín .....	55
Ilustración Nº17. Cabezal universal tipo P. Huré.....	55
Ilustración Nº18. Cadena cinemática fresadora universal.....	56
Ilustración Nº19. Fresadora universal por control numérico .....	58
Ilustración Nº20. Tipos de fresas .....	59
Ilustración Nº21. Diferentes sentidos en un mismo eje .....	60
Ilustración Nº22. Sentido de corte .....	60
Ilustración Nº23. Cabezal divisor universal .....	63
Ilustración Nº24. Plato divisor simple .....	64
Ilustración Nº25. Cabezal divisor de husillos múltiples .....	67
Ilustración Nº26. Disposición de una fresadora universal con soporte .....	78
Ilustración Nº27. Husillo porta – fresas en soporte .....	78
Ilustración Nº28. Engranaje helicoidal polietileno .....	79
Ilustración Nº29. Tronzadora .....	82
Ilustración Nº30. Tocho de material .....	83
Ilustración Nº31. Contrapunto .....	83
Ilustración Nº32. Torno con pantalla protectora.....	84
Ilustración Nº33. Caja de velocidades .....	85
Ilustración Nº34. Caja Norton .....	85
Ilustración Nº35. Cilindrado total.....	86
Ilustración Nº36. Refrentado .....	86
Ilustración Nº37. Broca de punto.....	87
Ilustración Nº38. Guía de vaciado .....	87
Ilustración Nº39. Brocas .....	88
Ilustración Nº40. Herramienta de corte de mandrinar .....	89
Ilustración Nº41. Plano del engranaje helicoidal.....	89
Ilustración Nº42. Pieza mecanizada en torno .....	90
Ilustración Nº43. Cambio de cabezal de fresadora universal .....	90
Ilustración Nº44. Mandril fresadora .....	91
Ilustración Nº45. Casquillos necesarios .....	91

Ilustración Nº46. Fresa de módulo .....	92
Ilustración Nº47. Cabezal divisor .....	92
Ilustración Nº48. Disposición de los piñones.....	93
Ilustración Nº49. Transmisión de movimiento.....	94
Ilustración Nº50. Cabezal con tren de engranajes .....	94
Ilustración Nº51. Engranado final .....	95
Ilustración Nº52. Husillo porta – pieza .....	95
Ilustración Nº53. Presentación fresa – pieza .....	96
Ilustración Nº54. Marcado de pieza.....	97
Ilustración Nº55. Fabricación del primer diente.....	97
Ilustración Nº56. Manivelas de mando .....	98
Ilustración Nº57. Elaboración de dientes .....	98
Ilustración Nº58. Engranaje helicoidal de diez dientes. Réplica en bronce .....	99
Ilustración Nº59. Torno con cabezal divisor universal .....	100
Ilustración Nº60. Acople plato - torno .....	101
Ilustración Nº61. Accesorio porta – fresas.....	101
Ilustración Nº62. Engranaje recto de Teflón.....	103
Ilustración Nº63. Torneado de cilindro de Teflón .....	104
Ilustración Nº64. Retirada de torreta.....	104
Ilustración Nº65. Presentación de accesorio .....	105
Ilustración Nº66. Fijación mesa cabezal divisor.....	105
Ilustración Nº67. Marcado en torno.....	106
Ilustración Nº68. Mecanizado engranaje Teflón .....	106
Ilustración Nº69. Proceso de tronzado .....	108
Ilustración Nº70. Cuchilla de tronzar.....	109
Ilustración Nº71. Proceso de cilindrado.....	109
Ilustración Nº72. Proceso de refrentado.....	110
Ilustración Nº73. Plato de tres garras. Mortajadora.....	110
Ilustración Nº74. Mortajadora. Pantalla de cierre y herramienta de corte .....	111
Ilustración Nº75. Mal mecanizado.....	111
Ilustración Nº76. Finalización de chavetero interior .....	112
Ilustración Nº77. Lira cabezal divisor.....	113
Ilustración Nº78. Volante accionamiento.....	113
Ilustración Nº79. Soporte en V.....	114
Ilustración Nº80. Cabezal de división simple.....	114
Ilustración Nº81. Contrapunto ajustable y cabezal de división.....	115
Ilustración Nº82. Cardán de transmisión.....	116
Ilustración Nº83. Cabezal divisor vertical.....	116
Ilustración Nº84. Cabezal divisor universal Zeatz.....	117
Ilustración Nº85. Lira Zeatz .....	118
Ilustración Nº86. Plato divisor Zeatz .....	118
Ilustración Nº87. Perno y tuerca de fijación.....	119
Ilustración Nº88. Perno anclaje del plato divisor .....	119
Ilustración Nº89. Engranajes rectos en serie de Teflón .....	121
Ilustración Nº90. Formación de viruta plástica. Teflón .....	121
Ilustración Nº91. Viruta plástica.....	123



## **ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla Nº1. Tamaño del grano.....	37
Tabla Nº2. Tipología de herramientas de corte .....	44
Tabla Nº3. Normalización y dureza de las herramientas de corte.....	46
Tabla Nº4. Parámetros para el torneado de plásticos.....	47
Tabla Nº5. Parámetros para el fresado de plásticos.....	62

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

# **I. INTRODUCCIÓN**

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## 1.1 – INTRODUCCIÓN.

La realización de este Trabajo de Fin de Grado viene de la mano del interés por la industria del mecanizado. Durante el período de prácticas profesionales en la empresa Taller Enrique Martín S.L., los operarios nos mostraban el trabajo y cuidado de esta máquina – herramienta que denominamos fresadora, incrementando mi interés por la misma.

La finalidad de este trabajo es dotar al lector de unos conocimientos adquiridos en la materia y, de cómo podemos diferenciar y elegir la mejor máquina – herramienta para cada caso.

Este Trabajo de Fin de Grado lo hemos dividido en los siguientes capítulos:

- ❖ En el Capítulo II, **Objetivos**, proponemos una serie de objetivos diferentes, los cuales hemos de llevar a cabo a lo largo del desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado.
- ❖ En el Capítulo III, **Revisión y Antecedentes**, desarrollamos un estudio referente a la evolución de las M – H, los diferentes tipos que existen, dentro del marco práctico utilizado y el desarrollo tecnológico que la rodea.
- ❖ En el Capítulo IV, **Metodología**, se hace referencia al conjunto de procedimientos utilizados para alcanzar los objetivos de este Trabajo Fin de Grado. De este modo, hemos dividido el capítulo en tres apartados, en los que incluimos la documentación bibliográfica, la metodología del trabajo de campo y el marco referencial.
- ❖ En el Capítulo V, **Resultados**, detallamos una serie de prácticas relacionadas con los trabajos en las M – H utilizadas, teniendo en cuenta tanto la base teórica, como la parte práctica, observando los diferentes modos de actuación de cada práctica específica.
- ❖ En el Capítulo VI, **Conclusiones**, agregaremos nuestras conclusiones en base a la finalización de este Trabajo de Fin de Grado, con nuestras propias experiencias.
- ❖ En el Capítulo VII, **Bibliografía**, enumeramos los diferentes recursos utilizados a la hora de realizar este Trabajo de Fin de Grado.

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## 1.2 – ABSTRACT.

The realization of this Final Degree Project is born of our attention in the metal machining sector. During of period under I made at mechanic's workshop "Taller Enrique Martín" worker reveal to me how they care for and work with the machine tool denominate milling machine. They made my interest grow it.

The objective of this project is provide to the readers my own knowledge gained in this subject. In addition, we will be able to see the different and to decide which the machine tool is better for each case.

This Final Degree Project has been divided into the following chapters:

- ❖ In Chapter II, **Objectives**, we propose different objectives that we must go through throughout of this Final Degree Project.
- ❖ In Chapter III, **Review and Antecedents**, we have developed a study of evolution of the different tooling machines, types that exist, within practical framework used and everything that surrounds it.
- ❖ In Chapter IV, **Methodology**, is refer to procedure that we use for attain the objectives of this Final Degree Project. Therefore, we have divided this chapter into three sections, in which we have included the bibliographic documentation, the methodology of fieldwork and referential frame.
- ❖ In Chapter V, **Results**, we have elaborated a variety of practices in the tooling machines. We have taken into account both the theoretical background as practical frame. We going to observe the types of each specific practice.
- ❖ In Chapter VI, **Conclusions**, we will add the own conclusions on the strength of completion of this Final Degree Project with own expertise.
- ❖ In Chapter VII, **Bibliography**, we will enumerate the different bibliography resources that we have used at finish off this Final Degree Project.

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

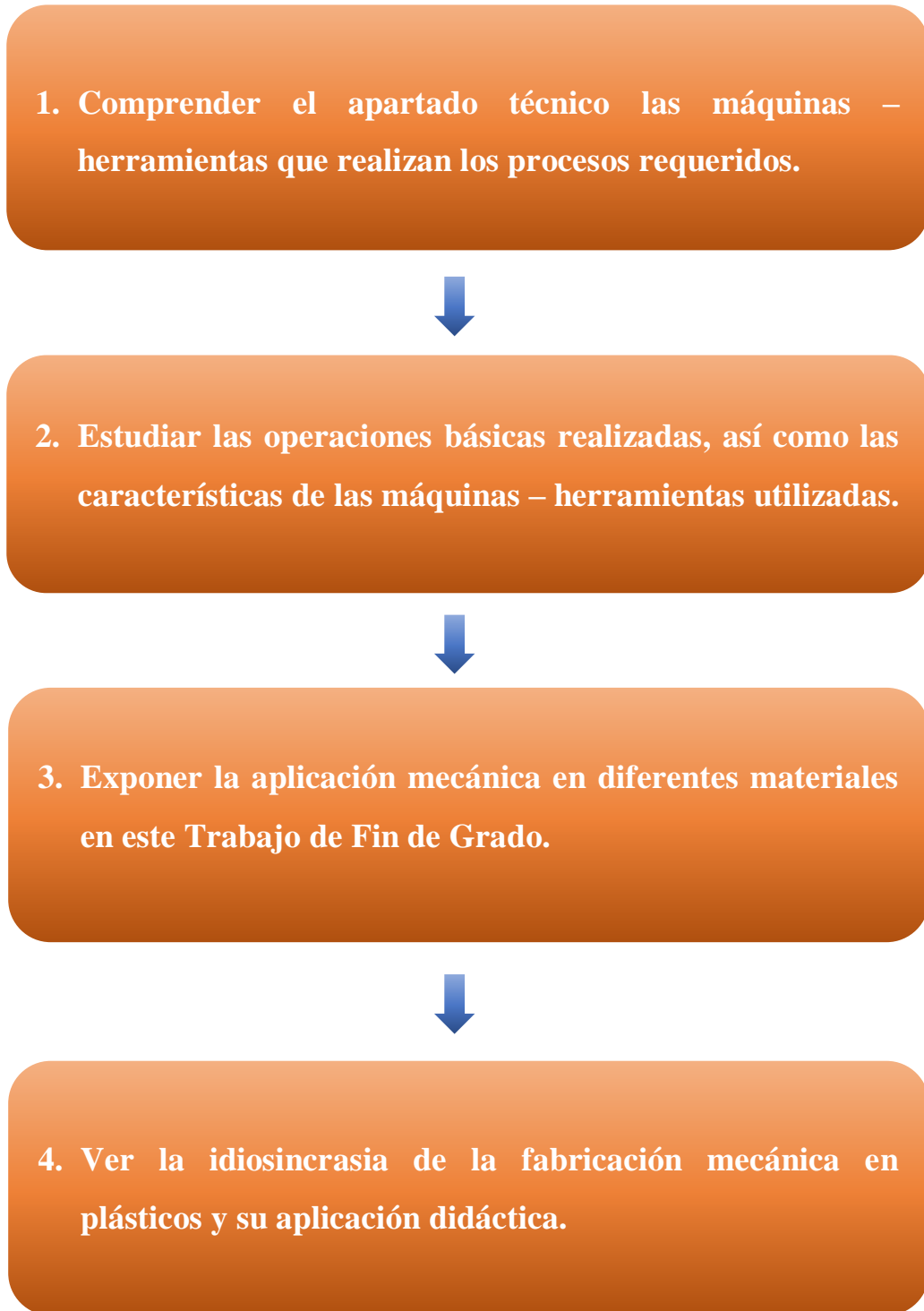


## **II. OBJETIVOS**

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## II. OBJETIVOS

Los objetivos que se pretenden obtener en este trabajo fin de grado son los que se describen a continuación:



*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## **III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES**

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

### III. REVISIÓN Y ANTECEDENTES

En los siguientes apartados veremos, tanto la evolución relativa a las máquinas – herramientas, como una descriptiva de las máquinas – herramientas utilizadas en este TFG, así como accesorios de la misma.

#### 3.1. HISTORIA DE LAS MÁQUINAS - HERRAMIENTAS

Desde el inicio de nuestra historia se ha dado la necesidad de generar ciertas herramientas que nos ayudan a superar las dificultades de nuestro día a día. Dada la capacidad evolutiva de nuestros antepasados se consiguió, en el Paleolítico, crear herramientas elaboradas con materiales que estaban al alcance de sus posibilidades, como la piedra, el marfil o la osamenta de algunos animales, con la intención de aumentar las habilidades de caza y pesca [1].

Entre los diferentes sistemas utilizados de técnica de talla de herramientas líticas (denominación actual) [2], se conoce que, en el Paleolítico inferior utilizaban la percusión, que es una técnica realizada con un percutor o un filo de roca en la que se ejerce la fuerza brusca para poder penetrar el núcleo de sílex o pedernal, dividiéndose en la percusión directa o indirecta, respectivamente si se golpea una roca contra otra o si se golpea la roca contra el percutor que hace de mediador.

Durante el Paleolítico superior apareció la técnica denominada talla por presión, un método más complejo y completo con el que se ejerce una fuerza constante en la superficie a tallar con un compresor, herramienta utilizada para ejercer presión, y así conseguir un mejor resultado (mejor filo de las herramientas de caza) [3].

Con la aparición del fuego hace 790.000 años [6] (Paleolítico medio) se produjo un cambio sustancial de la actitud en cuanto a la supervivencia del individuo [4]. Entre los más importantes, contando con la cocción de los alimentos se produce una digestión más rápida y eficiente que permitió la modificación energética, se sitúa la dominación del fuego, que facilitó la construcción de herramientas y otros utensilios [5]. Ejemplos en base a esta afirmación son: el fuego posibilitó afilar las puntas de las lanzas con mayor facilidad; curvar la madera para hacer arcos, canoas y demás herramientas.

Finalizando la edad de piedra, nos situamos en el Neolítico, nuestros antepasados comienzan a moldear su tecnología [7] logrando pulir la piedra con arena fina seca o húmeda. Hoy en día se sabe que las piedras más adecuadas para construir herramientas tenían un alto porcentaje de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), ya que con un golpe fuerte se

podían producir acabados muy finos. Crearon herramientas pulidas tales como raspadores, cuchillos, puntas de flechas y lanzas, hachas, martillos, etc. [8].

La importancia del Calcolítico radica en que supuso una revolución en la minería, dando las primeras pinceladas en la técnica de la metalurgia. Aunque las herramientas y armas eran mejor de piedra, ya que el cobre es un metal blando, éste que se encontraba en la superficie mezclado con otros minerales, ya se utilizaba en el Neolítico, pero no fue hasta la Edad del Cobre (6.000 a.C.) [9] que empezó a fundirse (ya que era muy fácil de obtener), que supuso un primer paso la evolución de la metalurgia [10].

Hacia 2.500 a.C. [11] surgen las sociedades más complejas y jerarquizadas, dando paso a la comercialización [12] y a la propia especialización del trabajo. Esto es lo que se conoce como Edad del Bronce, una aleación proveniente de cobre y estaño, resultando un metal más resistente. Se masificó la creación y el uso de martillos, hachas y cuchillos más resistentes, gracias al empleo de tornos y sierras primitivas.

En Oriente Próximo, hacia el 2.000-1.500 a.C., se data de la primera vez que se utilizó el hierro ampliamente, situándose así la Edad del Hierro [13]. En este período destaca la aparición de los hornos de fundición, un paso importante a la hora de crear herramientas y los primeros Estados con dominio militar. Una ventaja destacable sobre el bronce es que no necesita ninguna aleación, por lo que se utilizaba en gran cantidad para la fabricación de hachas, sierras, clavos, etc.

Aunque el oro y la plata se utilizaban en adornos y elementos artísticos, el hierro dio un gran paso por su gran fortaleza. Cabe destacar que China, pese a la complicación para trabajar el hierro, se logró fundir el hierro a una temperatura superior para completar moldes de este metal.

Con este repaso por la prehistoria damos paso a la Edad Antigua -en lo referido a máquinas-herramientas-, comenzamos por el imperio persa [14]. A partir del año 2.000 a.C. en la región de la Meseta de Irán se establecieron los medos y los persas, estos últimos próximo al golfo Pérsico. Esta región era rica en minerales, lo que supuso una mejora en la fabricación de herramientas de metal para la producción agrícola. Pero no sería hasta el 500-300 a.C. que los persas comenzaron a utilizar telares de seda, lo podríamos clasificarlos como las primeras máquinas-herramientas.

Pese a que se tiene constancia de que la rueda se inventó en Mesopotamia [15] alrededor de 3.500 a.C., cada civilización hizo su propia aportación. Cabe destacar que la cultura egipcia contribuyó confeccionando radios en la rueda, dando como resultado



la rueda actual, fruto de la cultura popular. Este invento supuso un importante avance, ya que sería la base de las máquinas-herramientas futuras [16].

A finales del siglo pasado se halla la tumba, que data entre el 1.000 y 850 a.C. [17], de un Sumo sacerdote egipcio conocido como Petosiris o Anjefenjonsu. En ésta descubrieron el relieve de un torno primitivo, dejando constancia de ser uno de los primeros tornos que se conoce. En el relieve se muestra a dos operarios de la época, uno de ellos apoyando la pieza en un soporte y el otro realizando el movimiento de vaivén con el sistema denominado “arco de violín” con el que se enrolla una cuerda al eje porta herramientas y, atada sus extremos a un arco de madera, poder realizar el movimiento deseado.

Continuando con la cronología, en torno a 1250 nació el torno de pedal y pértiga flexible.

En el siglo XV se introdujo el sistema de transmisión por correa, manual, accionada por manivela. A finales de este mismo siglo Leonardo Da Vinci expuso en su manuscrito Códice Atlántico diversos bocetos que introducirían la constitución de los tornos actuales [18].

En 1712 el británico Thomas Newcomen diseñó una maquina elemental utilizada para extraer agua de las minas de carbón, basándose en la teoría de Denis Papin, quien en 1690 redactó el Principio fundamental de la olla a presión [19].

Así, con los dos autores anteriormente mencionados, llegamos a James Watt quien perfeccionó con su gran invento, la máquina de vapor en 1769 [20], la industria del vapor, que es básicamente el máximo exponente del inicio de la Revolución Industrial.

A finales del siglo XVIII, en 1780, Jacques de Vaucanson construyó un torno industrial con la singularidad de que el husillo porta – herramientas era deslizante gracias al avance de un tornillo manual, lo que permitía el mecanizado de piezas con la seguridad de que el operario retirara sus manos de la herramienta de corte [21].

En 1797 el inventor británico Henry Maudslay, junto con David Wilkinson, construyó y proyectó un torno con la particularidad de que mejoraron el diseño de Jacques de Vaucanson, añadiéndole un complemento que conectaba el husillo porta – herramienta deslizante, ya mencionado, con el husillo de esta máquina – herramienta [22].

A continuación, hablaremos del inicio de la fresadora, cuyo invento pertenece a Eli Whitney en 1818, con su introducción al sistema estadounidense de fabricación en serie, con el propósito fue fabricar mosquetes [23].

Es importante destacar que la cadena de montaje o también conocida como producción en serie, no fue una idea exclusiva de Henry Ford, sino que, si bien la introdujo Eli Whitney, como ya vimos anteriormente, su realización se debe al estadounidense Ransom Eli Olds, denominada “Curved Dash” en 1901. Henry Ford la popularizó en 1907 con una mayor capacidad de producción [24], [25].

A la hora de comprender como han surgido las herramientas tan utilizadas en la industria mecánica, tenemos que, a partir de 1900, Frederick Winslow Taylor presenta una pieza torneada con acero dulce, a velocidad de 40 m/min. Más adelante utilizaría aceros Mushet (acero rápido) añadiendo aleaciones de cromo y wolframio/tungsteno. En los años 30 empezaron a aparecer aceros extra – rápidos (HSS – E), llegando a velocidades de 70 m/min. A la par que se realizaban avances de este tipo de acero, en 1926 la empresa alemana Krupp descubre el carburo cementado denominado Widia, o también conocido como carburo de wolframio [26].

Una parte muy importante del siglo XX nos viene dada con el desarrollo de la computadora electrónica, al final de la segunda guerra mundial en 1945 dio pie a que se incorporara esta computarización a las grandes producciones. Aunque el primer control numérico computarizado dio lugar en 1942, por la propia necesidad de la industria aeronáutica [27].

Como última instancia dar constancia del desarrollo de la fibra de carbono, creadas por Roger Bacon en 1958, y el láser, creado por Theodore Harold Maiman como el primer sistema láser operativo [28] [29].

Lo expuesto en este tema representa, de manera sesgada, una síntesis de manera global centrándonos en lo que rodea a la fresadora y el torno, como elementos importantes en este Trabajo de Fin de Grado.

### **3.2. DISTINTAS MÁQUINAS – HERRAMIENTAS UTILIZADAS**

En este apartado vamos a ver las diferentes máquinas – herramientas dispuestas en la elaboración de las piezas, tanto de Teflón, como de polietileno.

Aunque podemos clasificar las máquinas-herramientas por su forma de trabajar, tal como de desbaste, prensas y especiales [30].

### 3.2.1. TRONZADORA

Es una máquina – herramienta que otorga movimiento a una hoja de sierra, dispuesta circularmente, mediante un motor eléctrico comprendido en la parte superior de la misma.

La hoja de sierra es flexible, para poder cortar tochos de pequeñas dimensiones. Ésta se mueve a través de unas poleas. El tocho de material se coloca en la mesa la cual se amordaza mediante un volante de apriete.

La lubricación se acciona mediante una bomba que se sitúa en el interior de la carcasa. El lubricante utilizado se denomina taladrina y es una mezcla de agua y aceite. El mando principal controla la marcha y parada.

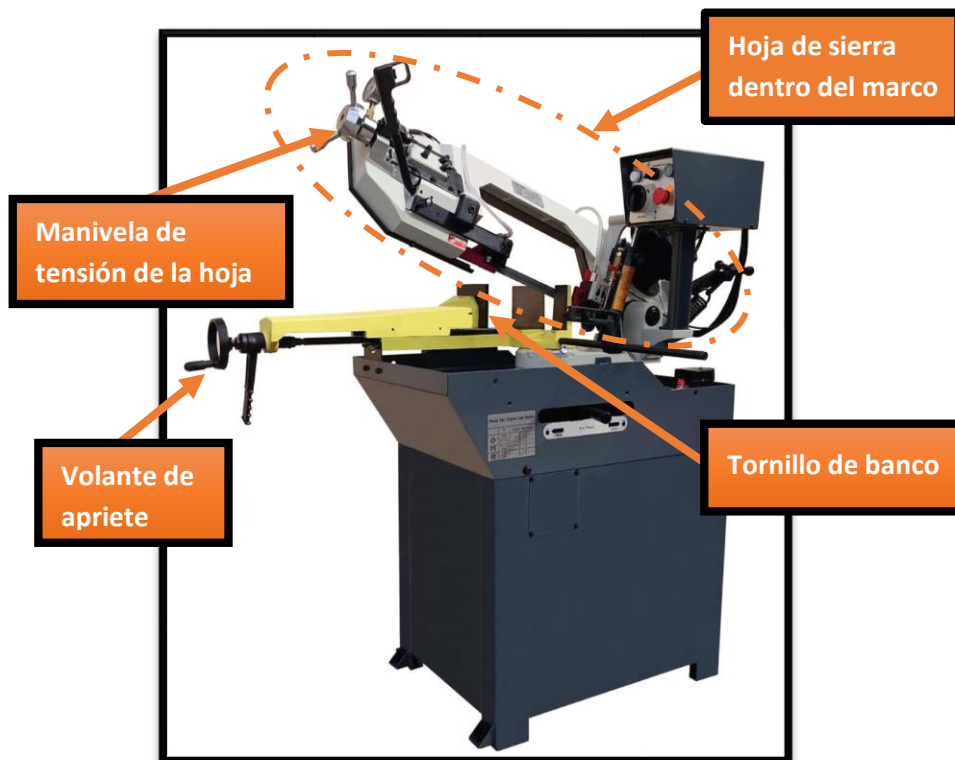


Ilustración Nº 1. Sierra de cinta.

Fuente: [31]

### 3.2.2. SIERRA ALTERNATIVA

La sierra alternativa es una máquina – herramienta que realiza un aserrado por movimiento alternativo con una sierra de corte. El aserrado consiste en seleccionar un tocho macizo de material en “L” partes.

En cuanto a los tipos de sierras alternativas que hay, tenemos las mecánicas y las hidráulicas, en función de los trabajos a realizar.

La herramienta utilizada está acoplada a la máquina por un bastidor, que le da el movimiento alternativo. El movimiento lo otorga un motor eléctrico que acciona un mecanismo alternativo al bastidor. Durante el corte, el lubricante refrigera la zona de acción.

Cuando está en funcionamiento, el motor eléctrico mueve una bomba que suministra el lubricante a la hoja de sierra, por acción de correas de transmisión. [32].



Ilustración Nº 2. Sierra alternativa.

Fuente: [33]

### 3.2.3. ELECTROESMERILADORA

También denominada esmeril de banco o esmeriladora, es una máquina – herramienta que utiliza un motor eléctrico para mover una serie de muelas, generalmente dos, que se utilizan para afilar diferentes herramientas, como cinceles, buriles, brocas, etc.

Recibe la forma de un eje que acopla, mediante cojinetes, a las muelas (herramientas) entre las cuales se sitúa el motor eléctrico.

Esta M – H utiliza el mecanizado por abrasión. Las muelas contienen unos productos denominados abrasivos, que contienen unos cristales diminutos cortantes y que, gracias a su ángulo agudo friccionan con la herramienta a afilar y se produce el arranque de viruta.

Una importante distinción entre los tipos de muelas se basa en diferenciar las muelas naturales de las artificiales. Las primeras son piedras naturales que se tallan en forma de rueda. Los abrasivos están compuestos cuarzo, esmeril, corindón o diamante, aglutinados a base de materias silíceas. Se emplean en útiles para trabajar madera, tijeras o elementos de poca resistencia, por lo que no se utilizan en la industria mecánica. Para ayudar a disipar el calor trabajan sumergidas en el agua. Las muelas artificiales, sin embargo, se componen de electro corindón (óxido cristalino de aluminio junto con impurezas), de carburo de silicio (SiC) y de carburo de boro (B<sub>4</sub>C).

A la hora de elegir la muela que mejor nos convenga, tenemos que tener en cuenta el tamaño del grano, cuyo valor oscila entre 4 y 600. Esta cifra corresponde al número de mallas que contiene el tamiz por el que se criban los granos, derivándose así que, a mayor número de mallas, menor tamaño del grano [34]:

Denominación	Tamaño (mm)
Muy basto	4 – 10
Medio	30 – 60
Extrafino	280 – 600

Tabla N° 1. Tamaño del grano.

Fuente: [35]

En cuanto a los tipos de esmeriladora nombraremos cuatro tipos generales, dejando a un lado las esmeriladoras especiales, así que nos centraremos en las principales:

- **Esmeriladora angular**, también conocida como como radial o esmeril es una herramienta manual utilizada en la industria para cortar materiales dependiendo del disco abrasivo que se utilice, en función del material a cortar. El disco se impulsa a través de un motor y un engranado que lo activa. Los discos que se utilizan son: el disco de abrasivo de corte; disco abrasivo de desbaste; y el cepillo de alambre. Los cuales dependen del material a cortar [36].
- **Esmeriladora de banco**, se caracteriza por sus reducidas dimensiones y va sujeta en un banco de trabajo. Se utiliza generalmente para el afilado de herramientas como brocas, cuchillas de torno, etc. También para eliminar la rebaba de piezas pequeñas. Dentro de los elementos que la componen destacan: protector de ojos,

soporte para la herramienta, el interruptor de encendido y las diferentes muelas por cada lado [37].

- **Esmeriladora de pedestal**, tienen mayores dimensiones que las de banco y se utiliza para trabajo pesado, como rebabas de piezas de gran tamaño, pulir soldaduras, etc. Puede contener un recipiente con agua y su base va atornillada al suelo.
- **Esmeriladora de banda**, combina una muela en un lado con una lijadora de banda en el otro. Podemos encontrar también esta M – H con una lijadora de banda por cada lado.

Un riesgo de acompaña a estas máquinas – herramientas es que cuando se inicia el giro de la muela acumula una cantidad de inercia la cual dificulta su parada en seco, con lo cual se ha de tener extremada precaución con la parada de esta M – H.

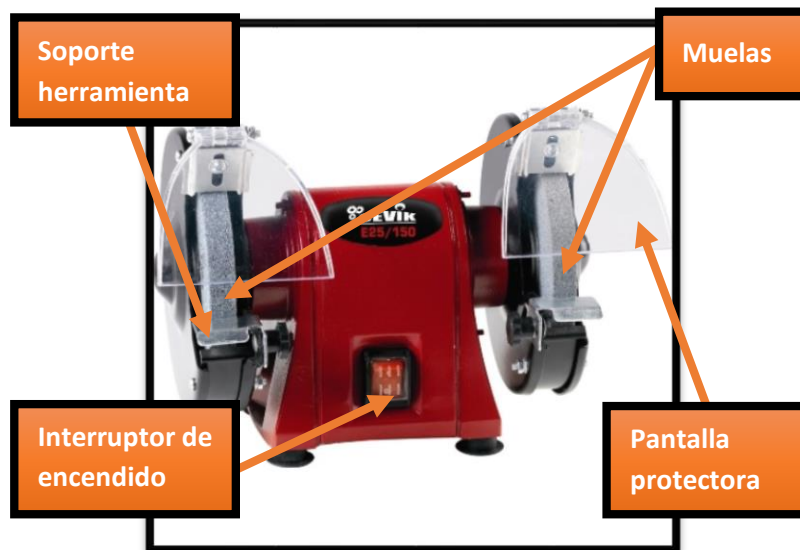


Ilustración N° 3. Electroesmeriladora.

Fuente: [38]

### 3.2.4. MORTAJADORA

Su principio de funcionamiento consiste en que la máquina dota a la herramienta de un movimiento rectilíneo alternativo en vertical. Las piezas se fijan a la mesa de esta M – H con sus respectivas mordazas. Se función más directa es la de realizar chaveteros interiores, ranuras o incluso engranajes [39].

Como en cualquier máquina – herramienta es necesario llevar ropa y calzado adecuado y evitar el contacto mientras esté en funcionamiento. Además de usar gafas o careta protectoras.

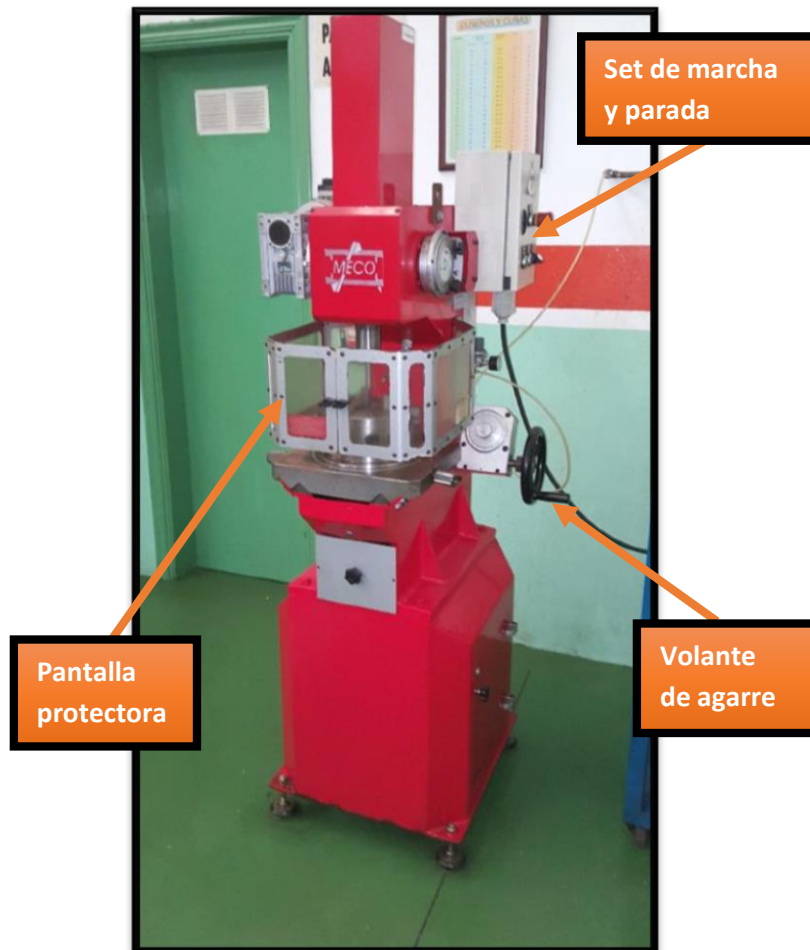


Ilustración N° 4. Mortajadora.

Fuente: Trabajo de campo

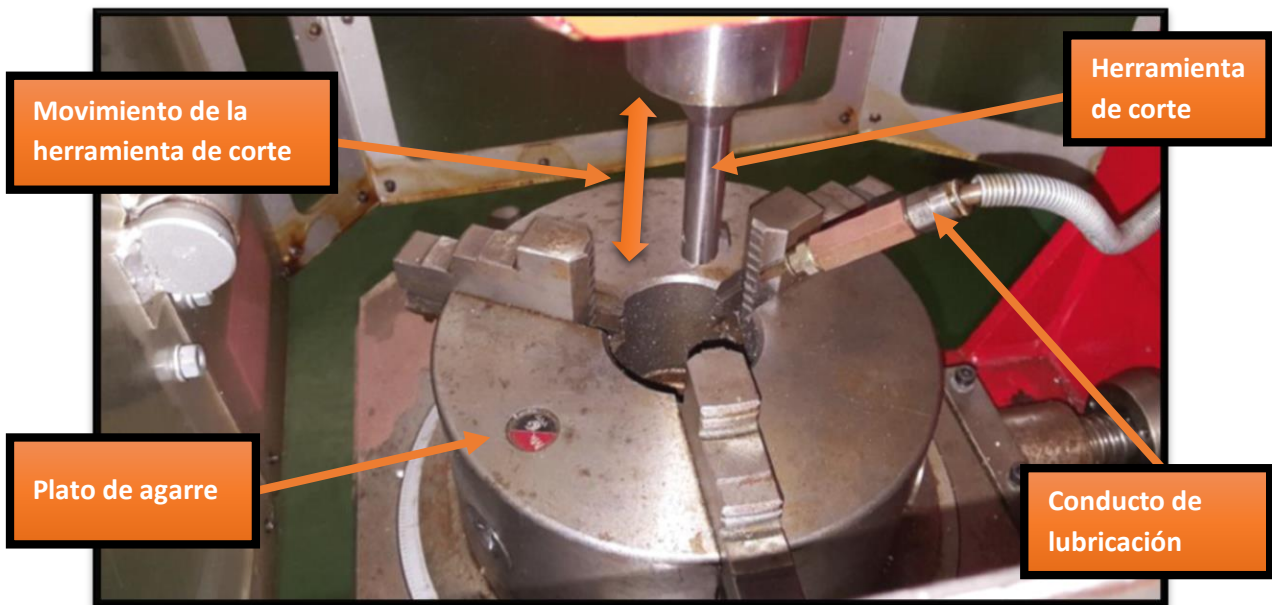


Ilustración N° 5. Movimiento de la herramienta de corte.

Fuente: Trabajo de campo

Podemos observar en la ilustración N°5, la herramienta de corte y el conducto de lubricación. Además, podemos examinar el plato de tres garras donde posicionar la pieza, este se acciona con el volante de agarre (ilustración N°4). La pantalla de protección es bastante importante, tanto que, si no se cierra correctamente no funciona la máquina – herramienta.

### 3.2.5. TORNO

En este apartado veremos los fundamentos del torno, seccionaremos el torno paralelo, del que nos sometemos a estudio por su gran simplicidad y facilidad para el aprendizaje. Éste es el más utilizado y difundido, aunque en cuanto a la fabricación en serie no ofrece tantas posibilidades como los otros tipos, de los que nos encargaremos de clasificar.

El torno, es una de las máquinas con movimiento circular más antigua que se conoce, su función es rectificar la pieza, sometida a rotación, mediante la herramienta de corte, con unos movimientos específicos: el movimiento de avance, el cual depende de la dirección de ajuste; movimiento de ajuste, que depende del eje de rotación de la pieza, es decir, longitudinal y transversal, respectivamente; el movimiento de corte, donde el



motor eléctrico cede su energía al husillo mediante un sistema de poleas o engranajes. Este husillo se encarga de dar movimiento al cabezal móvil [40].

El movimiento de avance se puede realizar de manera paralela al eje de giro de la pieza, o en ángulo, dependiendo de si queremos obtener piezas cilíndricas o cónicas en cada caso.

Al igual que la fresadora (de la que hablaremos más adelante), el torno posee un sistema de velocidades, una gama fija de éstas. Para posibilitar el ajuste preciso, actualmente se utiliza el CN o CNC del que hablaremos posteriormente.

A continuación, para tener una vista más clara de esta máquina-herramienta, clasificaremos las diferentes partes de un torno [41]:

- La bancada, se ocupa de sostener las diferentes partes del torno. Se fabrica en una sola pieza por esa misma razón. Soporta el carro, el soporte, el cabezal fijo y el cabezal móvil, este último se desliza por las guías situadas encima de la propia bancada, y, debajo de ésta, encontramos la bandeja de recogida de virutas y residuos (como aceite y lubricantes varios).
- Cabezal fijo, este componente situado justo encima de la bancada por su parte izquierda (fundamentalmente en el torno paralelo), contiene el árbol principal, encargado de transmitir la energía, contenida del árbol motor, al husillo para que se produzca el movimiento. En este elemento se sitúa el plato de agarre, que va roscado por su parte exterior y se encarga de sujetar la pieza. Cabe destacar que el interior del cabezal es hueco, para permitir el paso de cilindros / piezas de gran longitud.
- Carro, es el mecanismo que se acciona con las diferentes manivelas y se descompone en tres partes: el carro principal o de bancada, el cual actúa en el plano longitudinal llevando la herramienta corte hacia la pieza; carro transversal o de refrentar, que se mueve libremente mediante unas guías encima del carro principal, accionado mediante manivela. Este se encarga de disminuir el diámetro de la pieza; el carro porta – herramientas, que contiene la herramienta de corte.
- Cabeza móvil o contrapunto, se desliza por las guías situadas sobre la bancada, su función principal es sostener piezas de gran longitud. Contiene: un contrapunto, que se encarga de sostener a las piezas (cada pieza debe de tener marcado un pequeño vaciado para permitir el apoyo en el contrapunto; una manivela para el apriete del contrapunto; y una palanca de freno para asegurar el apriete del contrapunto.

- Guías, se sitúan debajo del carro longitudinal porta – herramientas, como su nombre indica sirve de guía, gracias a su forma de anclaje con el carro, para poder mover el mismo.
- Soportes, se sitúan bajo la bancada, sobre los que descansa ésta. Tienen forma de cajón. El soporte más importante es el que se sitúa debajo del cabezal fijo, ya que encierra el motor que, mediante un sistema de polea/correa, otorga movimiento al eje principal (árbol principal); la lira es el mediador entre el árbol principal y la caja de velocidades o caja Norton. Todo esto como consecuencia de la unión entre engranajes [22].

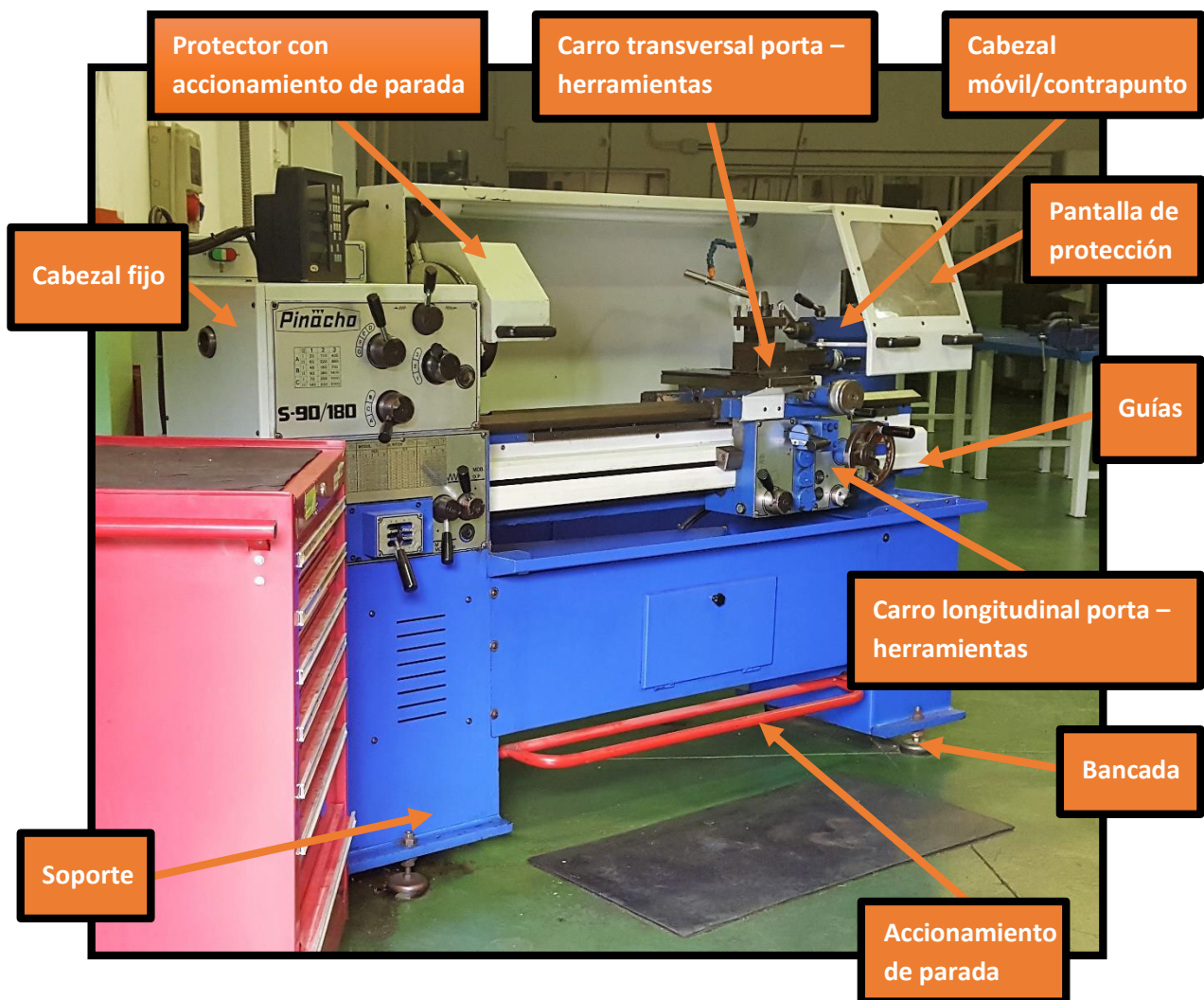


Ilustración Nº 6. Partes de un torno.

Fuente: Trabajo de campo.

En el interior del cabezal fijo se sitúan los siguientes elementos, con la finalidad de regular y dar movimiento a esta máquina-herramienta:

- Caja de velocidades, otorga una gama de velocidades al plato de agarre.
- Motor, se encarga de impulsar a los demás elementos gracias a la corriente eléctrica del mismo.
- Lira o guitarra, transmite el movimiento del árbol principal a los demás elementos del torno [42].
- Caja Norton, situado en el interior del cabezal fijo, es un mecanismo compuesto por trenes de engranajes que le otorga una regulación de la velocidad al eje de cilindrar y al eje de roscar (tornillo patrón) [43].
- Inversor o variación del sentido de la velocidad, engrana con el árbol principal y permite el cambio del sentido de marcha.

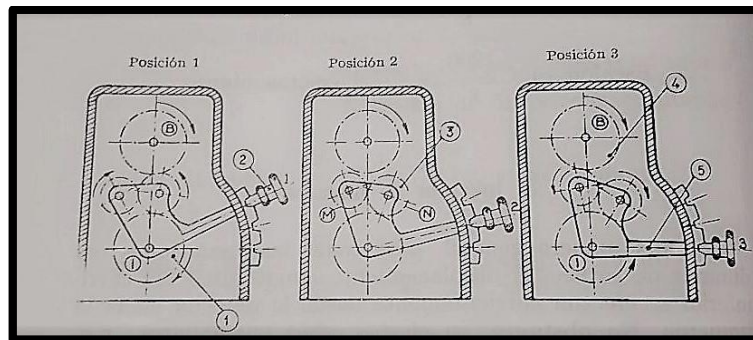


Ilustración Nº 7. Posiciones de inversión de marcha.

Fuente: [22]

Como hemos dicho anteriormente, la clasificación de los tornos se refiere a los diferentes tipos de tornos presentados en función de los trabajos a realizar. Dispondremos de una breve descripción de los más importantes a continuación [44]:

- **Torno paralelo**, en el que nos hemos basado en estos últimos párrafos. Se usa para cilindrar y roscar, la pieza se sitúa horizontalmente sobre la bancada [45].
- **Torno vertical**, se usa para trabajar piezas de grandes dimensiones con cierta dificultad para manejarlas.
- **Torno al aire**, se utiliza en piezas de poca longitud, pero gran diámetro.
- **Tono revólver**, se utiliza para la obtención de piezas en serie.

- **Torno de precisión**, se utiliza en piezas que requieren una extrema exactitud, generalmente de pequeñas dimensiones [46], [47], [48].

A la hora de escoger la cuchilla de corte más adecuada hay que tener en cuenta las características de la herramienta de corte. Esto es, la clasificación según el tipo de mecanizado, el tipo de material y su dureza:

- Tipo de herramienta según el mecanizado a realizar: Tenemos la tipología basada en las normas ISO/DIN y su aplicación más directa.






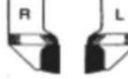






Clasificación ISO	Clasificación DIN	Aplicación	Forma del cabezal (R=derecha; L=izquierda)
1	4971	Herramienta de desbaste recta	
2	4972	Herramienta de desbaste acodada	
3	4978	Herramienta de cilindrar y refrentar	
4	4976	Herramienta de pala para acanalar	
5	4977	Herramienta de refrentar acodada	
6	4980	Herramienta de cilindrar acodada	
7	4981	Herramienta de tronzar	
8	4973	Herramienta para agujeros pasantes	
9	4974	Herramienta para agujeros ciegos	
351	4975	Herramienta de punta para cilindrar y afinar	
282	-	Herramienta de roscado exterior	
283	-	Herramienta de roscado interior	
263	-	Herramienta de ranurado interior	

Tabla Nº 2. Tipología de herramientas de corte.

Fuente: [49]

En la siguiente ilustración (ilustración N°8) podemos ver la normalización de las herramientas de corte y su uso más directo:

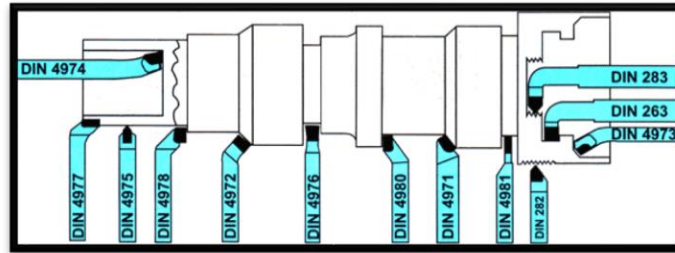


Ilustración N° 8. Normalización.

Fuente: [49]

En la siguiente ilustración podemos ver, de forma esquemática la normalización en base a la calidad del material y la geometría del inserto (cuchilla de corte):

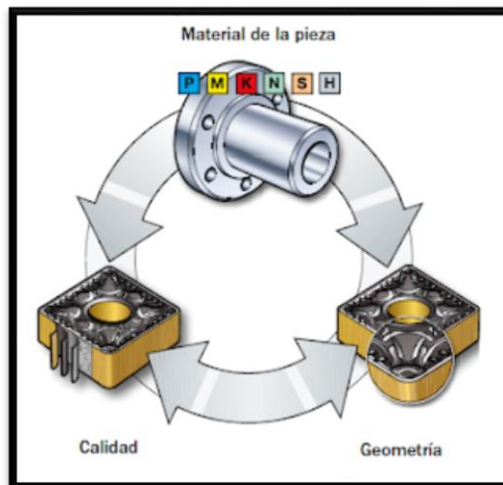


Ilustración N° 9. Esquemática del inserto.

Fuente: [50]

- Tipo de material y dureza: Las herramientas de corte, al igual que las de cualquier M – H se basan en una norma ISO, más concretamente en la norma ISO 513:2012, la cual estipula el tipo de material a utilizar, según la aplicación, mediante una letra y un código de colores (tabla N°3). Con todo esto tenemos [49], [50], [51], [52]:

ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN DIDÁCTICA

Herramienta tipo P usada para plásticos

Norma ISO 513	Aplicación	Norma ANSI/SAE/ASTM	Norma DIN	Dureza (HB)	Tipo de material
<b>P</b>	Acero no aleado/ plásticos/maderas	1020	1.044	130 – 180	<i>Acero al carbono</i>
	Acero aleado	4340	1.6582	260 – 300	
	Acero alta aleación	H13	1.2344	200 – 220	
<b>M</b>	Acero Inox. Martensítico	420	1.4021	200	<i>Acero inoxidable</i>
	Acero Inox. Austenítico	304L / 316L	1.4306 / 1.4404	200 / 140	
<b>K</b>	Fundición gris	Clase 40	GG25	250	<i>Fundición</i>
	Fundición Nodular	Clase 65 – 45 – 12	GGG50	200	
<b>N</b>	Aleación aluminio	/	/	/	<i>Materiales no ferrosos</i>
	Cobre y aleaciones	/	/	/	
<b>S</b>	Alta aleación titanio	Inconel 718	2.4668	HRC 36	<i>Aleaciones termo – resistentes</i>
	Aleación titanio	AMS R56400	3.7165	HRC 37	
<b>H</b>	Acero templado	H11	1.2343	HRC 45 – 49	<i>Acero endurecido</i>
	Acero templado y fundición	P20	1.2330	HRC 50 – 55	

Tabla Nº 3. Normalización y dureza de las herramientas de corte.

Fuente: [51], [52]

ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN DIDÁCTICA

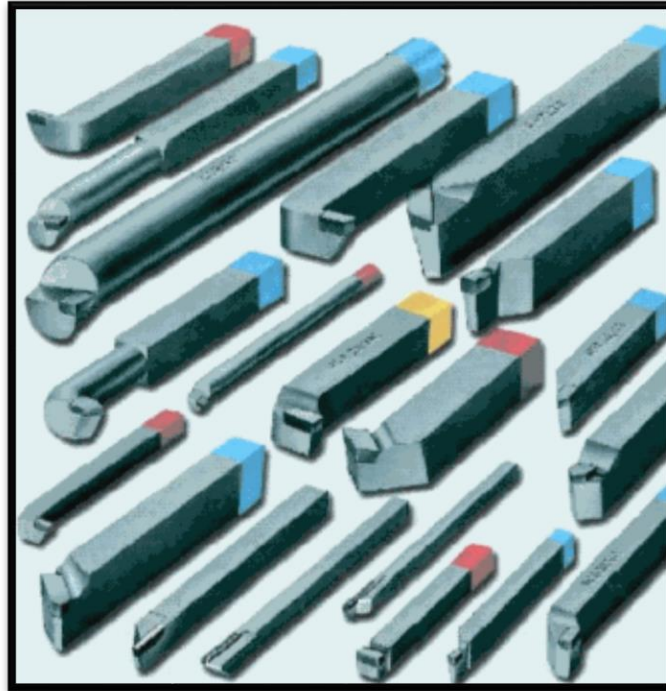


Ilustración N° 10. Herramientas de corte, normas ISO 513.

Fuente: [53]

En cuanto al torneado de piezas plásticas, tenemos los siguientes parámetros:

		Normales	Termoplásticos duros	PE/PP	PTFE	Nylon	
<b>Ángulo de incidencia</b>		8 - 12	15	10 - 15	5 - 12	5 - 10	°
<b>Avance</b>		0,1 – 0,5	0,3 – 0,5	0,2 – 0,5	0,1 – 0,3	0,1 – 0,3	mm/rev
<b>Velocidad de corte</b>	<b>Acero rápido</b>	≥ 100	≥ 1000	> 250	> 150	> 200	m/min
	<b>Metal duro</b>	≥ 400					

Tabla N° 4. Parámetros para el torneado de plásticos.

Fuente: [54], [55]

### 3.2.6. FRESADORA

Para no entrar en muchos detalles, puesto que esta máquina-herramienta la veremos en el apartado 3.3, describiremos las partes principales y sus principales características.

Contraria al torno, esta M – H tiene un movimiento de corte circular, donde la herramienta, que se denomina fresa, es la que presenta el movimiento circular y la pieza se queda estática (como normal general la pieza está inmóvil, aunque si se requiere un engranaje helicoidal, la pieza será dotada de movimiento).

La herramienta consta de varias cuchillas de corte (herramienta de corte múltiple), dispuestas con una separación en la que el operario puede disponer refrigerante, y así, con la disipación del calor que le otorga, llegar a altas velocidades de corte.

En cuanto a los diferentes movimientos que realiza la máquina-herramienta, tenemos: el movimiento de corte, el cual lo realiza la herramienta, y los movimientos de avance y penetración, que lo realiza la pieza, con la movilidad de la mesa [56].

Para poder entender el funcionamiento de una fresadora es necesario disponer de las partes características antes que los tipos de fresadoras que existen. Por ello, vamos a nombrar los diferentes elementos constitutivos de esta máquina-herramienta [57].

- Bastidor, también denominado cuerpo, corresponde al elemento en el que se alojan todos los mecanismos de esta máquina – herramienta. Su forma se debe al equilibrado de los pesos de los carros, la cual contiene la guía que desliza la ménsula. Su base es generalmente rectangular y se encarga de fijar todo el cuerpo al suelo.
- Mesa, situada sobre la ménsula, es la encargada de sostener la pieza, con su completa sujeción, aparte de los elementos que influyen en su mecanizado.
- Ménsula, soporta el peso de la mesa, conteniendo los mecanismos de accionamientos necesarios para el completo funcionamiento de la máquina-herramienta.
- Puente, es el armazón que se apoya sobre el bastidor, donde se alojan las lunetas. Es el que permite el giro del husillo porta – herramientas.
- Eje porta – herramientas, en el caso de las fresadoras horizontales y universales, es el que sostiene la fresa mediante unos casquillos de ajuste. En las fresadoras verticales en vez de un eje se ubica un husillo porta – herramientas que transmite el movimiento de rotación a la fresa.
- Carro, la mesa va situada sobre un carro que permite el movimiento de la misma en sentido transversal, vertical y longitudinal dependiendo del tipo de fresadora.



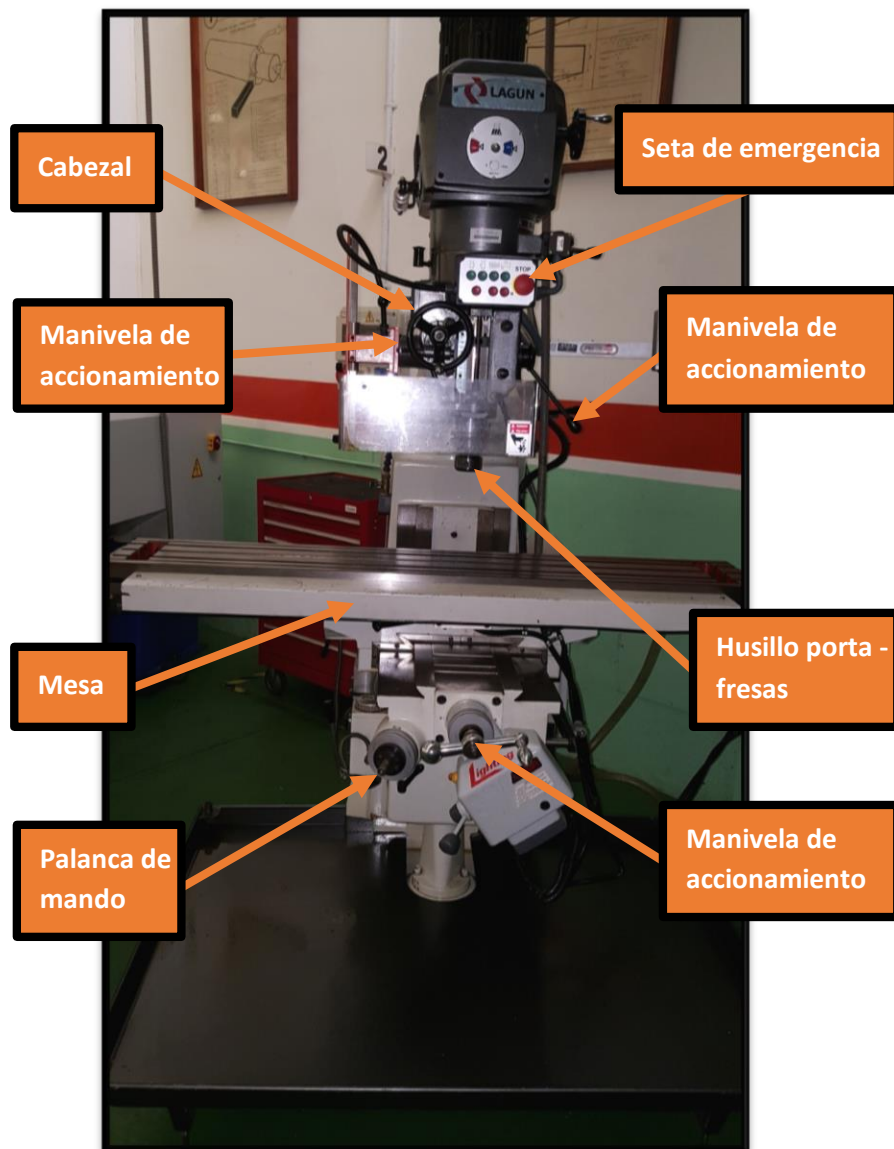


Ilustración N° 11. Partes de una fresadora.

Fuente: Trabajo de campo.

A continuación, vamos a hablar de la *viruta*, que es un tema recurrente cuando hablamos de máquinas – herramientas, ya que hay numerosos factores que afectan a la forma de salida de la viruta. Estos dependen de la velocidad de corte, la temperatura, el ángulo de la cuchilla de corte, etc.

En el apartado 5.7 veremos más consideraciones acerca de este elemento.

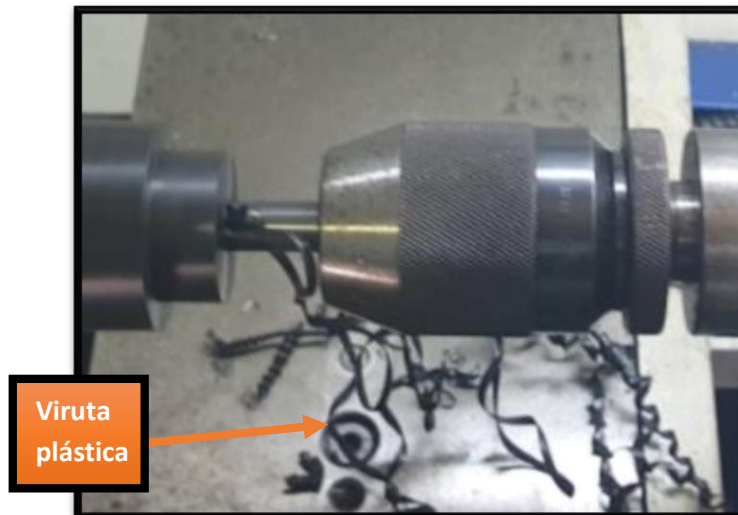


Ilustración Nº 12. Viruta.

Fuente: Trabajo de campo.

Un tema muy importante a la hora de dejar un trabajo completamente terminado, es el recoger las virutas metálicas y proceder a su reciclado. El *embriquetado* - concepto de reciclado -, es el procedimiento que efectúa una separación entre el líquido de corte (generalmente taladrina) y el fragmento metálico. Este procedimiento se realiza a elevadas presiones [58].

### 3.3. CLASIFICACIÓN Y OPERACIÓN DE LAS FRESADORAS

“La fresadora es una máquina – herramienta con movimiento de corte circular en que la herramienta (fresa) presenta corte múltiple”<sup>1</sup>. Esta M – H se caracteriza por el arranque de viruta de la herramienta rotativa, mecanizando los materiales de formas diversas, gracias a su herramienta de corte.

La fresadora es una máquina – herramienta muy versátil, debido a que se pueden obtener piezas muy dispares, gracias a la infinidad de herramientas de cortes que hay en el mercado. Éstas pueden variar tanto en forma como en número, en función del trabajo a realizar.

Uno de los elementos principales de esta M – H es su herramienta de corte, con la que se pueden obtener superficies planas, curvas, roscas, coronas, engranajes, etc. La herramienta fresa está provista de múltiples cuchillas de corte denominadas dientes, que actúan de manera independiente cuando se le da un movimiento de revolución. Gracias

---

<sup>1</sup> Definición recogida de “Tecnología Mecánica y Metrotecnica” por Pedro Coca Rebollero y Juan Rosique Jiménez

al trabajo de cada diente, las superficies quedan continuas y no intercaladas por surcos, como sería en el caso de que la herramienta solo tuviera un diente.

Un tema muy importante a la hora de realizar cualquier operación con la fresadora es la velocidad de corte, la cual representa “la longitud, medida en metros por minuto, que recorre un punto cualquiera situado en el diámetro máximo durante su giro” [59]. La fórmula que relaciona esta definición es:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$$

Deduciéndose así:

$$\left. \begin{aligned} n &= \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \\ d &= \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot n} \end{aligned} \right\}$$

Donde  $n$  representa la velocidad de giro (rpm),  $d$  el diámetro medio de la pieza (mm) y  $v$  la velocidad de corte ( $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$ ).

En la siguiente tabla, recogida del Casillas, vemos la velocidad de corte y el avance en función del material a fresar. Los valores recogidos en esta tabla provienen de herramientas de metal duro.

MATERIAL A TRABAJAR	FRESAS NORMALES			Fresado con coronas de cuchillas		
	Marca Widia	V = metros minuto	H = avance por diente	Marca Widia	V = metros minuto	H = avance por diente
Acero hasta 75 kg/mm <sup>2</sup>	s 1	100—120	0,02—0,0	s 1	150—250	0,02—0,05
	s 3	40—50	0,05—0,5	s 3	40—60	0,05—0,15
Acero 75 - 110 kg/mm <sup>2</sup>	s 1	80—100	0,02—0,03	s 1	120—150	0,02—0,05
	s 3	25—35	0,05—0,1	s 3	40—50	0,05—0,15
Acero 110 - 125 kg/mm <sup>2</sup>	s 1	60—80	0,02—0,03	s 1	80—120	0,02—0,05
	s 3	20—30	0,02—0,05	s 3	30—35	0,05—0,08
Acero de más 125 kg/mm <sup>2</sup>	s 1	30—50	0,01—0,03	s 1	50—70	0,02—0,03
	s 3	15—20	0,02—0,05	s 3	20—25	0,02—0,05
Acero Fundido hasta 50 kg/mm <sup>2</sup>	s 1	100—120	0,02—0,05	s 1	150—250	0,02—0,05
	s 3	40—50	0,05—0,1	s 3	40—60	0,05—0,15
Acero Fundido más de 70 kg/mm <sup>2</sup>	s 1	80—100	0,02—0,03	s 1	120—150	0,02—0,05
	s 3	25—35	0,05—0,1	s 3	40—50	0,05—0,15
Fundición Gris hasta 200 Brinell	G 1	50—60	0,1 —0,15	G 1	120—180	0,1 —0,15
Fundición Gris más de 200 Brinell	H 1	30—40	0,05—0,1	H 1	35—45	0,05—0,1
Fundición roja, Bronce, Latón	G 1	80—100	0,05—0,1	G 1	100—250	0,1 —0,15
Metales ligeros	G 1	100—800	0,1 —0,15	G 1	800—1.500	0,1 —0,25
Aleaciones de aluminio	G 1	50—70	0,05—0,15	G 1	200—500	0,1 —0,2
Materiales plásticos	G 1	80—100	0,05—0,1	G 1	100—200	0,1 —0,2
Acero INOXIDABLE	s 1	60—80	0,01—0,03	s 1	80—100	0,02—0,05
METAL	s 3	20—30	0,02—0,05	s 3	30—35	0,02—0,05
MONEL	s 1	70—90	0,01—0,03	s 1	90—110	0,02—0,03
	s 3	30—40	0,02—0,03	s 2	40—50	0,02—0,05

Velocidades de corte y avances en materiales plásticos

Ilustración Nº 13. Velocidades de corte y avances.

Fuente [60]

Las fresadoras, como cualquier otro tipo de máquina – herramienta, se pueden clasificar en función de su orientación hacia la pieza y su grado de movimiento [61]:

- **Fresadoras verticales**, el árbol principal se sitúa perpendicular a la superficie de la mesa.
- **Fresadora horizontal**, el árbol principal se posiciona en paralelo a la superficie de la mesa.
- **Fresadora universal**, se distinguen dos tipos, el primero, en el que el árbol principal puede inclinarse en varias posiciones con respecto a la mesa; el segundo, en el que los carros son los que pueden tomar todas las inclinaciones posibles. En el siguiente apartado (apartado 3.4), hablaremos sobre este tipo de fresadora, más utilizada en la industria del metal.

- **Fresadoras en función del número de ejes:**
  - Fresadora de tres ejes, controla los tres ejes cartesianos entre la pieza y la herramienta.
  - Fresadora de cuatro ejes, además de los tres ejes del caso anterior se impone el giro de la pieza. Se utiliza para patrones cilíndricos.
  - Fresadora de cinco ejes, además de los ejes anteriores se otorga un segundo eje de rotación de la pieza, perpendicular al anterior. Utiliza sistemas tridimensionales para piezas complejas.
- **Fresadoras circulares**, disponen de uno o varios cabezales verticales, de manera que trabajan individualmente durante todo el proceso de mecanizado.
- **Fresadoras copiadoras**, su función es realizar modelos de una pieza determinada. Esta fresadora tiene dos mesas, una donde se sitúa la pieza a fresar y la otra en la que se dispone la pieza a copiar. Esta M – H contiene un palpador conectado mediante un eje al husillo porta – herramientas, con el movimiento del palpador es el mismo que el de la herramienta.
- **Fresadoras de control numérico computarizado (CNC)**, son las más evolucionadas de su familia, poseen un control sobre la pieza de la más alta precisión. Se da en trabajos en serie, tanto de piezas sencillas como de piezas complejas. El control numérico viene computarizado ejerce la función de utilizar un código de programación, que viene dado por el operario o previamente sistematizado en la máquina – herramienta. Éste facilita la entrada de datos específicos. Lo más destacable, es la posibilidad de controlar tanto la velocidad de corte de la herramienta como el lubricante o refrigerante necesario.

### 3.4. LA FRESADORA UNIVERSAL

Dentro de las fresadoras convencionales es la más versátil, ya que posibilita el giro relativo de su árbol principal y/o el giro de la mesa.

El árbol principal es el que le da el movimiento de giro al husillo porta – herramientas, y a su vez a la fresa. El husillo telescópico se usa para la elevación de la ménsula/consola, y el eje cardánico transmite el movimiento entre engranajes (la ilustración N°18).

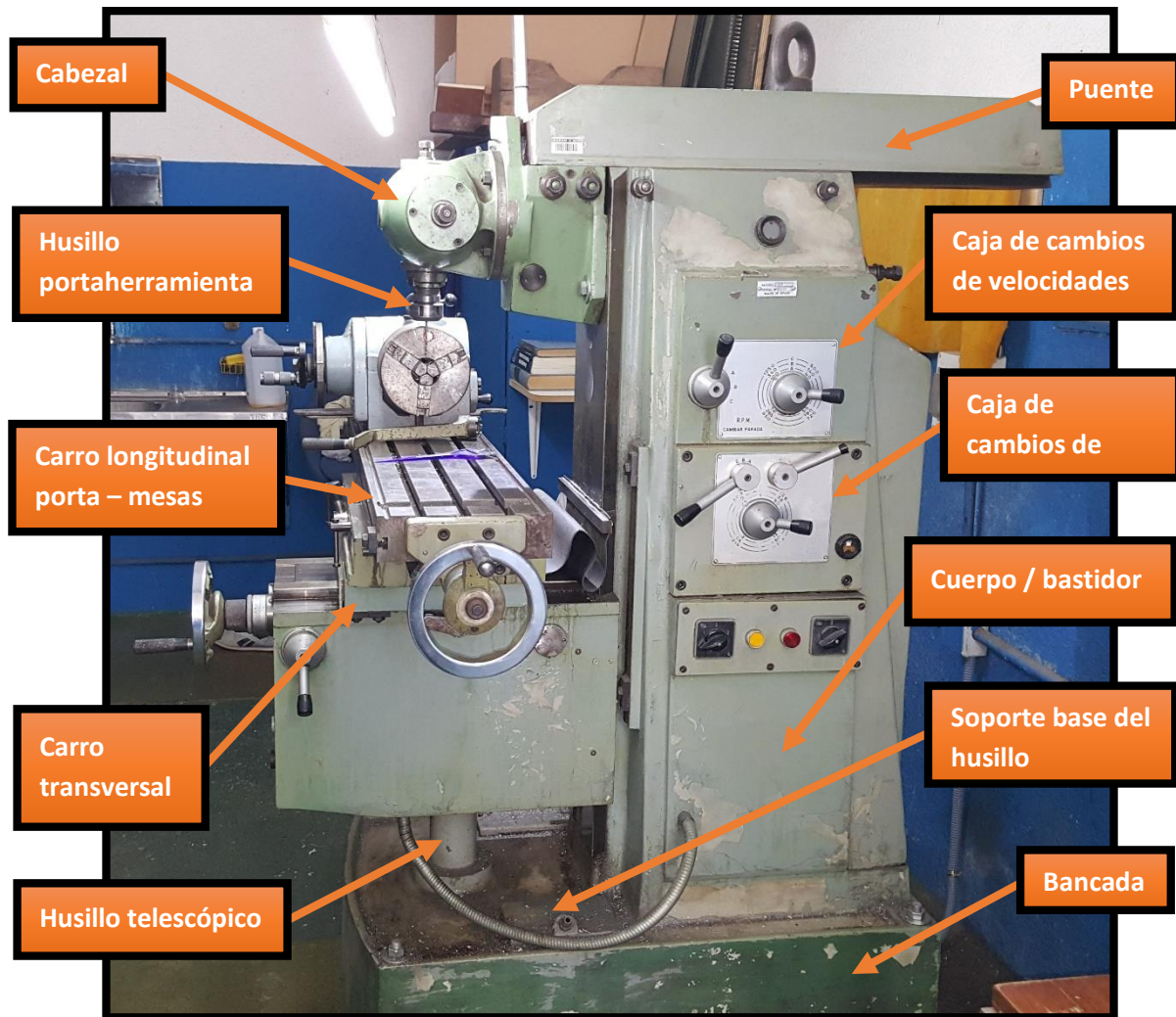


Ilustración Nº 14. Fresadora universal.

Fuente: Trabajo de campo.

El cabezal de la ilustración anterior es de tipo Gambín con modificaciones, debido a que contiene tres husillos, como puede verse en la ilustración Nº15:



Ilustración Nº 15. Cabezal de tres husillos.

Fuente: Trabajo de campo.

El cabezal universal supone efectuar un fresado vertical de la pieza. Este cabezal puede ser de diferentes formas [62]:

- **Cabezal universal tipo P. Huré**, con doble corredera circular para permitir variar la dirección del fresado. Una corredera ortogonal para permitir el movimiento en el plano perpendicular a la superficie de la mesa y la otra a 45° con respecto a la misma.
- **Cabezal tipo Gambín**, birrotativo. El más sencillo y no tan robusto. Fue de los primeros en fabricación. El término *birrotativo* hace referencia a la rotación de los dos husillos por parte del cabezal. En la ilustración N°16, se puede ver ambos husillos contrapuestos, permitiendo al que se sitúa debajo orientarse a 90° con respecto al primero con respecto al plano longitudinal.

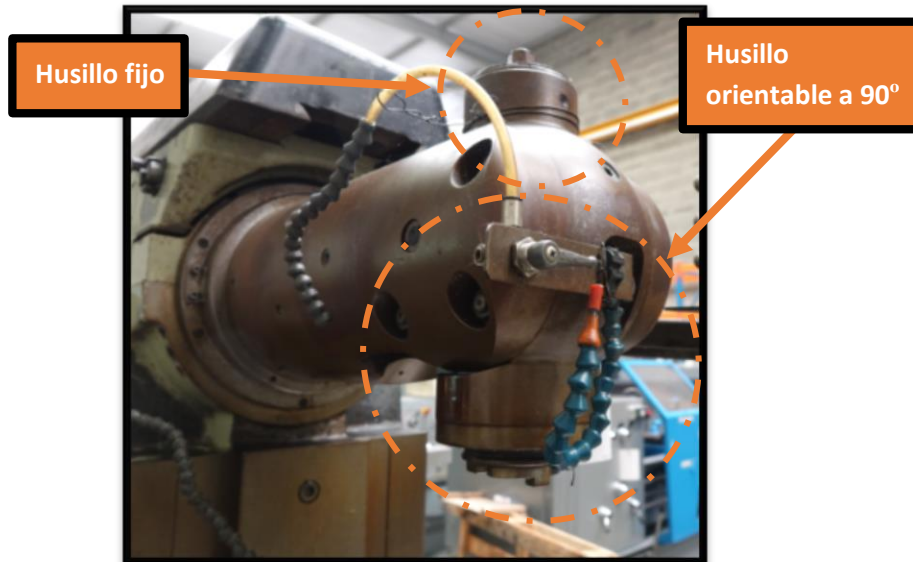


Ilustración N° 16. Cabezal tipo Gambín

Fuente [63]



Ilustración N° 17. Cabezal universal tipo P. Huré

Fuente: Trabajo de campo.

A continuación, podemos ver los diferentes tipos de cabezales en la cadena cinemática de la fresadora, reflejándose la importancia del árbol principal y sus múltiples ajustes auxiliares.

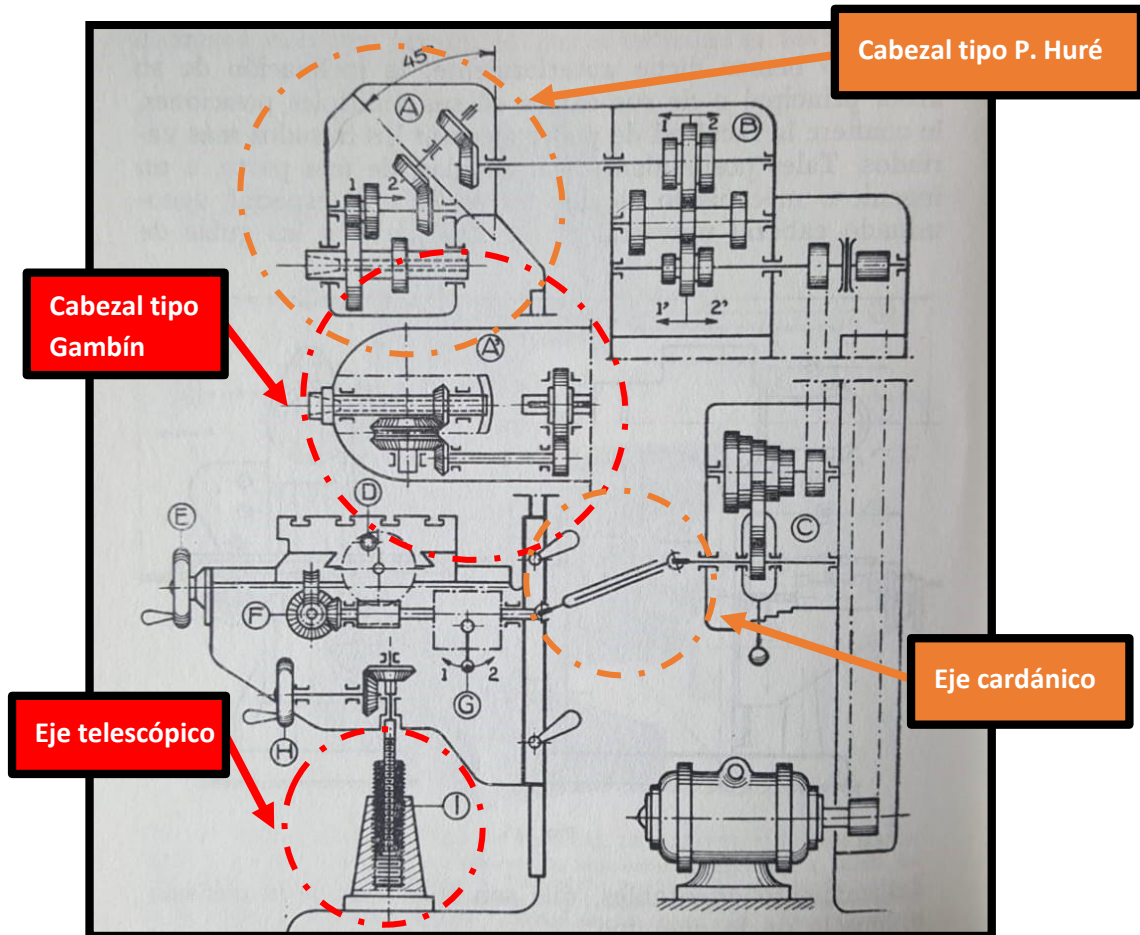


Ilustración Nº 18. Cadena cinemática fresadora universal.

Fuente [62]

- |   |  |
|---|--|
| A. Cabezal universal tipo P. Huré.          | F. Mando automático del carro transversal.           |
| A'. Cabezal universal tipo Gambín.          | G. Mando del inversor de los avances.                |
| B. Caja de velocidades del árbol principal. | H. Mando manual del carro vertical.                  |
| C. Caja de las velocidades de avance.       | I. Dispositivo de elevación por tornillo telescópico |
| D. Mando manual o automático de la mesa.    | [62].  |
| E. Mando manual del carro transversal.      |  |



Los movimientos de la fresadora los podemos clasificar de la siguiente manera [62]:

- La rotación del husillo porta – herramientas, orientados según los cabezales de las fresadoras vistos anteriormente, como son: la orientación multidireccional (tipo P. Huré) y la dirección axial (tipo Gambín).
- La rotación de la mesa donde va la pieza se puede dar en tres direcciones diferentes: longitudinal, transversal y vertical.

Descritos los elementos principales en el capítulo anterior, vamos a ver, en el siguiente párrafo, la caja de velocidades y la caja de avances.

La caja de velocidades del árbol principal posee un accionamiento independiente de la caja de avances, con lo se pueden dar condiciones de corte más precisas. La caja de avances de la fresadora universal es equivalente a la del torno paralelo. Esta actúa directamente desde el motor.

Un ejemplo de este tipo de fresadoras es la fresadora universal por control numérico, que se muestra en la ilustración Nº19. Podemos apreciar que lleva incorporado los soportes del husillo para realizar engranajes. Al fondo puede verse el tipo de cabezal P. Huré, el cual no está montado como cabezal principal en esta M – H, de manera que cuando haya un trabajo requerido para este cabezal (chaveteros, ranuras, etc.) pueda cambiarse rápidamente.



Ilustración N° 19. Fresadora universal por control numérico.

Fuente: Trabajo de campo.

### 3.5. HERRAMIENTAS DE CORTE DE LA FRESADORA

Las herramientas de corte de esta máquina – herramienta se denominan fresas y su aplicación varía en función del trabajo a realizar y el material a mecanizar.

Las fresas de alto rendimiento traen consigo unas placas de metal duro soldadas a un soporte que se monta y desmonta con relativa facilidad. El cuerpo de la fresa es de acero aleado y tratado para elevar las características mecánicas.

Dentro de los tipos de fresas encontramos los siguientes tipos [64] (los cuales podemos verlo en la ilustración N°20):



Ilustración N°20. Tipos de fresas.

Fuente: [64]

- **Fresas cilíndricas periféricas (1):** Tienen dientes solo en la periferia. Sus tipos son de dentado recto y helicoidal. Realiza superficies de junta y guías.
- **Fresas cilíndricas frontales (6):** Sus dientes se sitúan tanto en la periferia como en su cara lateral. Se utiliza para realizar chaveteros, entalladuras, etc.
- **Fresas de disco (2):** Se utiliza en ranurados.
- **Fresas angulares sin vástago:** Se sitúan las *fresas frontales* (7) y las *prismáticas* (3). Se utiliza para realizar guías
- **Fresas con vástago:** Se sitúan las cilíndrico-frontales donde tenemos las de *punta plana* (8) /bailarinas y la fresa *tipo Woodruff* (4). Para chaveteros
- **Fresas de perfil constante / módulo (9):** Se denominan fresas de módulo y se utilizan para realizar engranajes, ruedas dentadas, piñones, etc.
- **Fresas madre (5):** Se obtienen engranajes en serie.

El fresado se puede dar de dos tipos diferentes en función de que el eje de la fresa esté dispuesto en paralelo o perpendicular a la superficie de la pieza. Estos dos tipos se denominan:

- *Fresado frontal*, el eje de la fresa es perpendicular a la superficie de la pieza. Los tipos de dientes que actúan en esta operación son los periféricos y los frontales. Los dientes frontales se usan para afinar el material durante la operación.
- *Fresado cilíndrico*, el eje de la fresa es paralelo a la superficie de la pieza. Los dientes periféricos arrancan las virutas del material en este caso.

Cabe destacar que en el fresado cilíndrico se distinguen dos formas de realizar la operación: el *fresado paralelo*, en el cual la fresa gira en el mismo sentido que el avance de la pieza (avance en concordancia) y, en consecuencia, se produce un mayor desgaste que en el otro caso; el *fresado en contradi dirección*, en el que la pieza y la fresa se mueven en sentido opuesto (avance en oposición), produciéndose una compresión de los dientes sobre la pieza.

En cuanto al sentido de corte, es el que representa la fresa cuando gira en el sentido de las agujas del reloj (corte a derecha) y, por el contrario, cuando gira en sentido inverso a las agujas del reloj (corte a izquierdas). Aunque es fácil de visualizar cuando nos situamos en frente de una fresa de disco, resulta bastante complejo cuando tenemos múltiples fresas en un mismo eje, en el que las éstas son de formas diferentes, como en el caso de las fresas de cuadrante cóncavas. En la siguiente imagen se puede observar esta complicación [22].

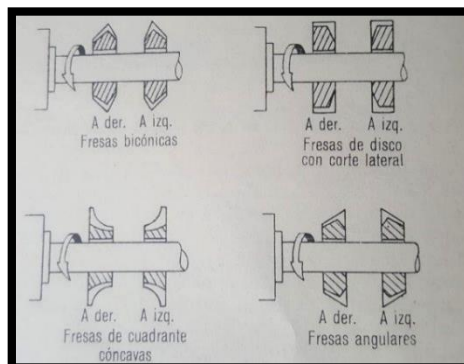


Ilustración Nº 21. Diferentes sentidos en un mismo eje.

Fuente [22]

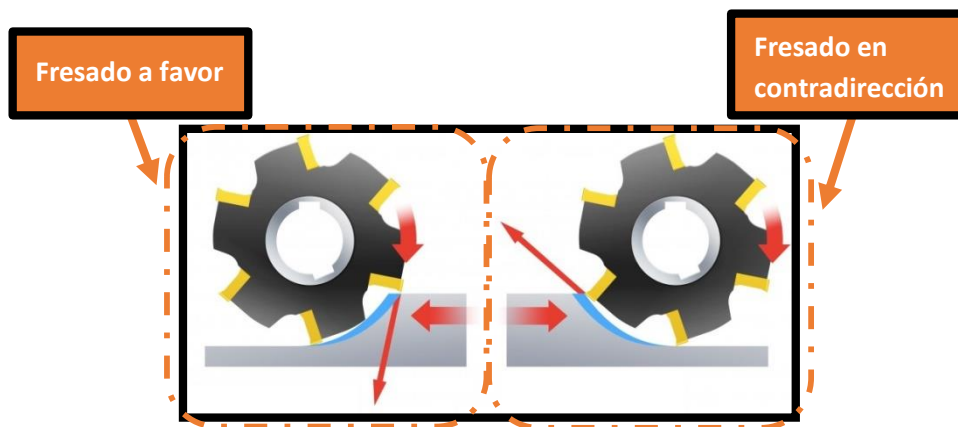


Ilustración Nº 22. Sentido de corte

Fuente [65]

En la ilustración N°22 podemos ver los diferentes sentidos, que son: *fresado a favor (izquierda)* o hacia abajo y el *fresado en contraposición (derecha)* o hacia arriba.

- El **fresado a favor**: su principal ventaja es que, en el corte, el espesor de la viruta va decreciendo, debido a que comienza por la parte de mayor espesor. Su desventaja radica en que una mala gestión o aumento de la velocidad de avance puede tener consecuencias directas con el filo de la herramienta de corte, por el aumento de espesor de la viruta, que se daría de forma excesiva.
- En el **fresado en contraposición**, durante el mecanizado el espesor de la viruta va en creciendo en espesor. El filo de la fresa se fuerza a entrar en contacto directo con la pieza, con un ángulo muy pequeño, por lo que se produce fricción y aumenta el desgaste de la herramienta de corte [65].

Hay que destacar la fijación de la pieza, debido a que en el fresado a favor se empuja la pieza contra la mesa, mientras que en el fresado en contradirección, las fuerzas tienden a levantar la pieza.

La herramienta de corte, fresa, se puede clasificar, según Robert Nadreau [62], como:

- Número de cortes: Si es de uno, dos o tres cortes.
- Modo de fijación: Con mango cilíndrico o cónico.
- Manera de trabajar: Diferentes dientes, rectos, helicoidales, de módulo (para engranajes), de dos dientes para chaveteros.
- Forma: Cónica o de perfil constante (cóncavo o convexo).

Las fresas van montadas en el husillo porta – fresas mediante los mandriles y casquillos, siendo estos “el enlace entre la fresa y el árbol principal”, según la denominación de Robert Nadreau [62]. El acople de los mandriles o los conos tiene que darse en condición de aprieto y nunca con juego.

Existe una normalización de los ángulos que se utilizan en las fresas, en la siguiente tabla pueden verse los valores de estos ángulos en función del material a trabajar:

	PE/PP	PTFE	Nylon	
Ángulo de incidencia	10 – 20	10 - 20	10 - 20	°
Avance	> 0,05	> 0,03	> 0,03	mm/rev
Velocidad de corte	< 1000	> 800	< 1000	m/min

Tabla Nº 5. Parámetros para el fresado de plásticos.

Fuente [54]

El cuerpo de las fresas está constituido de acero rápido de alta calidad. A la hora de realizar un correcto afilado se requieren seguir unos requisitos [62]:

- Se ha de limpiar bien la fresa, para eliminar las virutas y el aceite que se va acumulando en la misma.
- Hacer buena elección de la muela de afilado. Teniendo en cuenta la forma, el grano y la dureza de la misma.
- Realizar pasadas cortas, para evitar el sobrecalentamiento de la herramienta de corte.
- Hay que realizar el afilado de forma continua, con relativa frecuencia, ya que el desgaste de la herramienta puede hacernos perder dinero.
- Antes de realizar el afilado es necesario centrar la fresa, ya que se puede dar el caso de que haya desgastes en unos determinados dientes y en otros no.

### 3.6. CABEZAL DIVISOR

El cabezal divisor es un dispositivo de gran importancia a la hora de realizar engranajes, ruedas dentadas, escariadores, etc. Este otorga a la pieza la fijación necesaria para realizar el fresado, además del giro continuo y periódico de la misma.

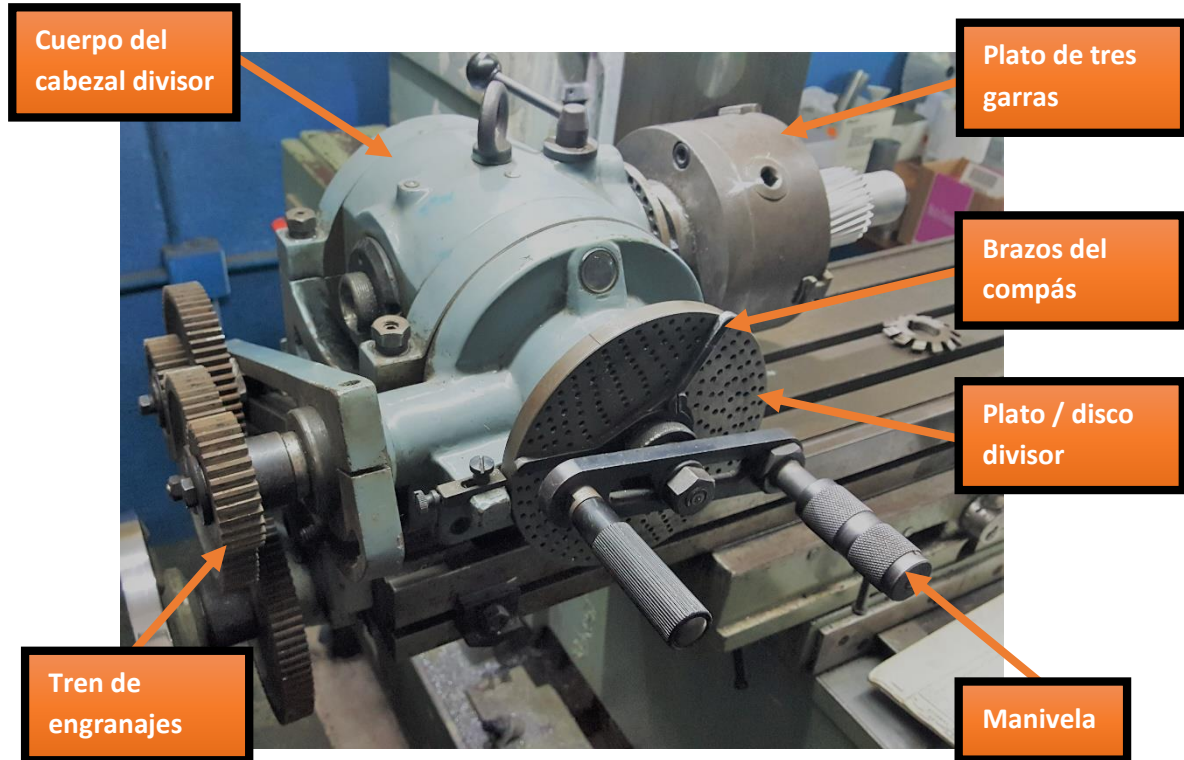


Ilustración N° 23. Cabezal divisor universal.

Fuente: Trabajo de campo.

El tren de engranajes está ahora conectado a la mesa de la fresadora, pudiendo así realizar el movimiento de la manivela y mover así la mesa con la relación de engranajes dispuesta.

La función principal del cabezal divisor universal (ilustración N°23) es realizar la división de la pieza en forma circular y sujetarla mientras se realiza el mecanizado. El cabezal divisor tiene diferentes métodos de aplicación, se pueden clasificar como [66]:

- Cabezales de división directa y sencilla.

En los de división directa, los cabezales cuentan con un disco provisto de doce divisiones, pudiéndose dividir, a su vez, por sus múltiplos, tales como, 2, 3, 4, 6, y por sí mismo. Con una palanca se ejecuta las vueltas del divisor que depende de cuantas divisiones se quiera realizar en la pieza.

Para los cabezales de división sencilla, se tiene un tornillo sin fin acoplado desde el plato divisor. Este tornillo engrana con una rueda helicoidal que se acopla en el plato de

agarre. Habitualmente la rueda helicoidal o dentada va provista de 40 dientes y el tornillo sin fin va equipado con un filete el cual se acopla a ésta. Se entiende así, que para que el husillo del cabezal de una vuelta completa se necesitan 40 vueltas a la manivela, con lo cual, haciendo una relación sencilla, se tiene:

$$N = \frac{n}{Z}$$

Donde N es el número de vueltas; n, relación del cabezal divisor y manivela; z, número de dientes a adquirir.

Quedando así, de manera general para una relación del divisor/manivela de 40:

$$N = \frac{40}{Z}$$

Es importante destacar que, la relación del cabezal divisor y manivela, se refiere a la reducción del divisor, que es el número de dientes de la rueda helicoidal, situada en el árbol principal, esta engrana con el tornillo sin fin, como puede verse en la siguiente imagen:

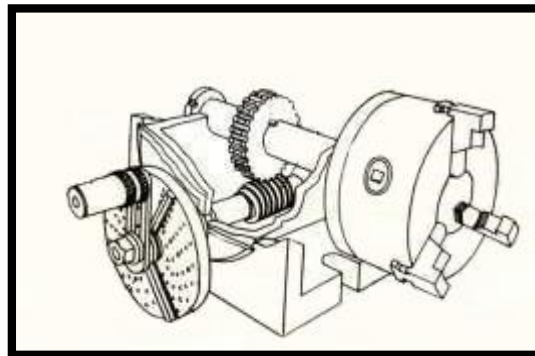


Ilustración Nº 24. Plato divisor simple

Fuente [67]

- Cabezales de división compuesta.

Este caso en particular se utiliza cuando el método de división no puede darse por su manera sencilla o directa. En este caso se pueden utilizar dos circunferencias de un mismo plato. Por ejemplo, en casos en los que se requiera bastantes números de dientes de un engranaje.

Hay veces en que las dos circunferencias necesarias para realizar la pieza, con sus correctos pasos, no se encuentran en el mismo plato o disco, así pues, se deberá engranar un plato secundario, para poder tener las circunferencias requeridas.



- Cabezales de división diferencial [62].

En este caso nos basamos en dos métodos que se describirán a continuación:

- Uno de los métodos consiste calcular el tren de engranajes de la siguiente forma: Con cuatro piñones (A, B, C, D) se ejecuta la siguiente fórmula

$$R = \frac{1}{N}$$
$$R' = R * \frac{R}{R'} = \frac{1}{N} * \frac{R}{R'}$$

Donde R es el número de dientes interpuesto con el árbol principal, mientras que R' representa el número de dientes intercalado en el plato divisor.

Dado que R' es igual a la rotación del plato P, tenemos:

$$P = \frac{1}{N} * \frac{R}{R'} = \frac{40}{N} - \frac{40}{N'}$$
$$\frac{40 * N'}{N * N'} - \frac{40 * N}{N' * N} = \frac{40(N' - N)}{N N'}$$

Y con esto tenemos que:

$$\frac{R}{R'} = \frac{40(N' - N)}{N N'} : \frac{1}{N}$$

Finalmente tenemos:

$$\frac{40(N' - N)}{N'} = \frac{R}{R'}$$

Mientras que para un cabezal divisor con tornillo sin fin que reduzca en relación 1/60, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\frac{60(N' - N)}{N'} = \frac{R}{R'}$$

Un ejemplo práctico en cuanto a esta formulación puede ser el siguiente [62]: Tenemos un engranaje de 53 dientes y el aparato divisor diferencial tiene una relación de 1/40. Lo que tenemos que hacer es escoger una división simple, que será nuestra N'. En este caso "55 dientes".

$$\frac{R}{R'} = \frac{40(N' - N)}{N'} = \frac{40(55 - 53)}{55} = \frac{40 * 2}{55} = \frac{80}{55}$$

Dividimos el numerador y el denominador por el mismo número, entre "5":

$$80:5 = 16$$

$$55:5 = 11$$

A continuación, multiplicamos ambos números por 4, y nos queda:

$$16 * 4 = 64$$

$$11 * 4 = 44$$

$$\frac{64}{44} = \frac{R}{R'}$$

Como conclusión 64 dientes en el árbol principal, mientras que 44 en el árbol del plato divisor.

- Cabezales divisores de husillos múltiples.

Este es un procedimiento por el cual, un mismo cabezal divisor alberga más de un husillo. El movimiento de la manivela lo recibe el husillo central, mientras que los otros husillos reciben el movimiento de una rueda dentada montada en el husillo central.

Es importante destacar el uso de estos cabezales para piezas pequeñas usando la división directa, mientras que, para piezas helicoidales, los cabezales divisores son más complejos. [66]

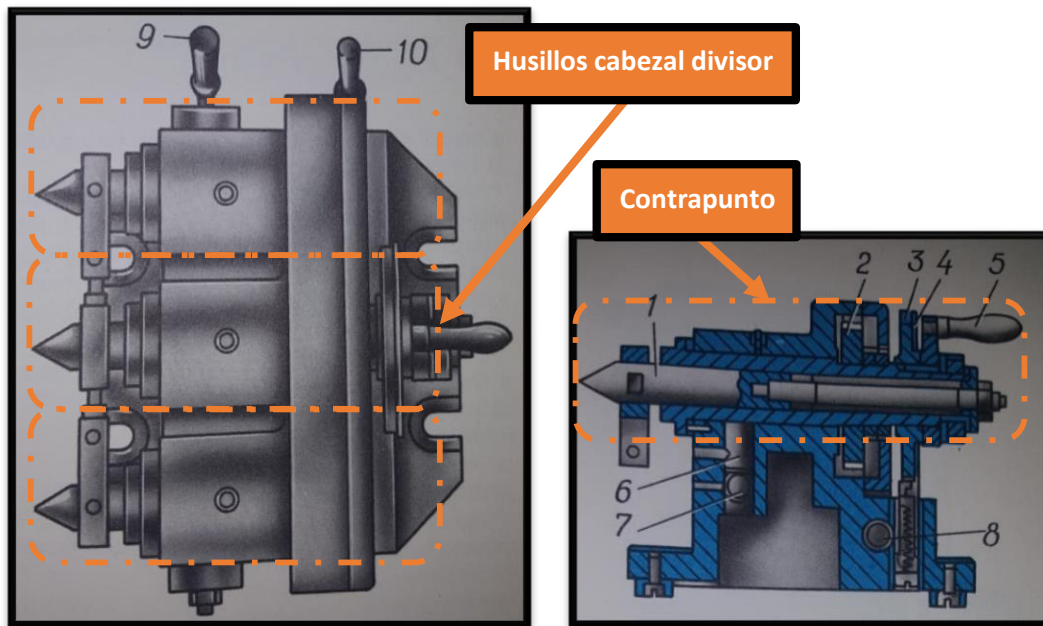


Ilustración N° 25. Cabezal divisor de husillos múltiples.

Fuente: [66]

En la ilustración N°25, a la derecha, podemos ver el contrapunto que va en contraposición con el propio cabezal divisor.

### 3.7. PROPIEDADES DE MATERIALES PLÁSTICOS

El Teflón – nombre comercial de PTFE – es un material plástico de estructura atómica similar al polietileno (PE), pues combina átomos de carbono con flúor, en vez de átomos de carbono con hidrógeno (PE).

Como propiedades fundamentales del PTFE ( $\text{CF}_2 - \text{CF}_2$ ) tenemos:

- Bajo coeficiente de fricción.
- Material inerte (debido a que los átomos de flúor impiden que las moléculas reaccionen con el carbono).
- Punto de fusión medio ( $342^\circ\text{C}$  aproximadamente).
- Aislante eléctrico (dieléctrico)
- Resistencia térmica  $-190^\circ\text{C}$  a  $260^\circ\text{C}$

Como aplicaciones principales en la industria, se sitúan en: aislamiento eléctrico externo de cables y alambres. Mientras que también se utilizan para capacitores [68]. Otra aplicación son las juntas de PTFE [69].

El PE cuya fórmula química es  $\text{CH}_2 - \text{CH}_2$ , es uno de los plásticos más comunes debido a su bajo costo y el proceso simple de fabricación. Sus características son las siguientes:

- Resistencia a la flexión.
- Desgaste escaso.
- Límite de temperatura  $-200^\circ\text{C}$  a  $80^\circ\text{C}$  sin romperse.
- Hidrófugo (evita la humedad)
- Como característica destacada: “tiene propiedades lubricantes, especialmente en la fricción seca deslizante con metales, tales como: acero, latón, cobre”<sup>2</sup> [70].

En el siguiente apartado vamos a introducir los procesos que desarrollaremos en el capítulo 5, mencionando el orden a seguir para cada tipo de mecanizado.

Por un lado, tenemos el mecanizado de polietileno, comenzando con un tocho de este mismo material, hasta llegar al acabado final: el engranaje helicoidal; en cuanto al mecanizado de Teflón, tenemos un tocho sacado de fábrica (barra de Teflón), el cual lo llevamos por cada uno de los procesos de fabricación, hasta llegar a su forma o acabo final: el engranaje recto; por último, tenemos un tocho de polietileno que mecanizamos hasta llegar a la fase del acabo, donde se le realiza el chavetero con el mortajadora.

Es importante destacar que las máquinas – herramientas utilizadas han sido seleccionadas en base a la disponibilidad del propio taller donde se han ejecutado dichos procesos.

La idea principal que ronda a este tipo de mecanizados es enseñar al alumno a realizar posibles mecanizados. Con este tipo de fabricación, el alumno puede aprender las bases y procedimientos a seguir sin que con ello peligro la seguridad del mismo.

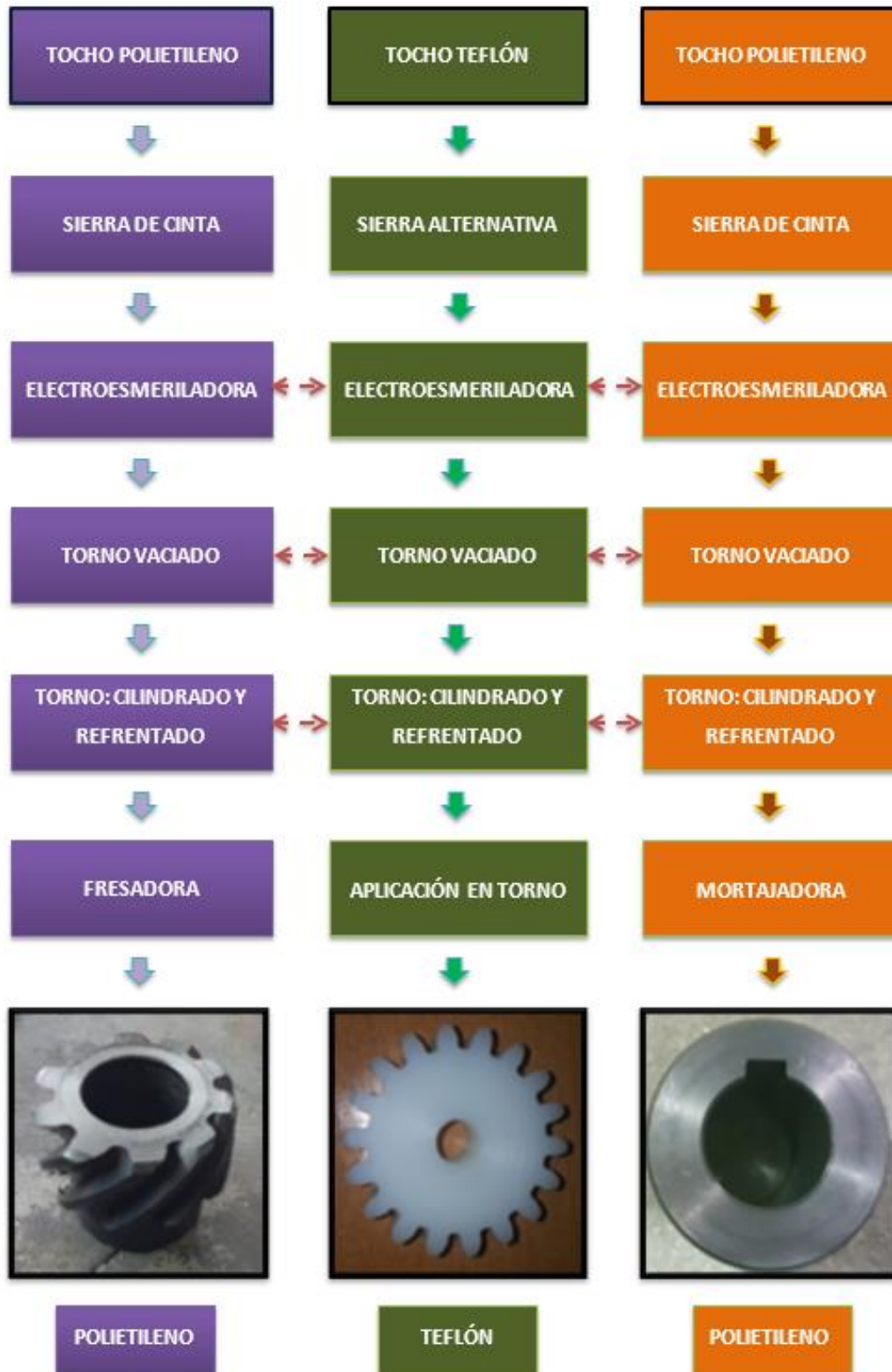
En el apartado 5.7, hablaremos con más detalle de las ventajas de trabajar con este tipo de material (plástico).

---

<sup>2</sup> Cita recogida de “<http://www.inoxidable.com/propiedades1.htm>”

### 3.8. ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO

Como veremos en el capítulo 5, los procesos de los que vamos a hablar son: el elaborado de engranaje helicoidal de polietileno y el engranaje recto de Teflón y el chavetero en el elemento de polietileno.



*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## **IV. METODOLOGÍA**





## **IV. METODOLOGÍA**

La metodología empleada en referencia a este Trabajo Fin de Grado la hemos dividido en los siguientes apartados:

### **4.1. DOCUMENTACIÓN BIBLIOGRÁFICA**

La documentación que se presenta en este TFG (siglas que corresponden a Trabajo Fin de Grado) se apoya de una fuente bibliográfica en las que se incluyen páginas web, obras impresas, documentos, etc. Además de los conocimientos adquiridos, tanto en la asignatura de Tecnología Mecánica y Procesos de Mecanización, como en los diferentes talleres de mecanizado que han colaborado con este TFG, a saber, Servicio de Mantenimiento de la Universidad de La Laguna.

### **4.2. METODOLOGÍA DEL TRABAJO DE CAMPO**

La elaboración de este TFG es a consecuencia de mi experiencia de un trabajo de campo que se fundamenta en estudiar y transmitir mis conocimientos en cuanto a las etapas en el proceso de fabricación mecánica de elementos en plástico y su aplicación didáctica. Incorporando todo tipo de material, incluido fotos de elaboración propia, con reseñas en el mismo que aportan más claridad al lector del TFG.

### **4.3. MARCO REFERENCIAL**

Nuestro marco referencial son el IES Virgen de Candelaria, el Servicio de Mantenimiento de la Universidad de La Laguna, el taller de la Escuela Técnica Superior de Náutica, Máquinas y Radioelectrónica Naval de la Universidad de La Laguna, el taller Reparaciones Industriales R&K, el Taller Enrique Martín S.L., así como otros talleres que me han brindado la ayuda necesaria para la elaboración de este TFG. A su vez, la formación recibida de la Universidad de La Laguna durante la elaboración de este TFG.

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## **V. RESULTADOS**



## **V. RESULTADOS**

En este apartado vamos a estudiar los procesos de elaboración de engranaje de Teflón (recto), de polietileno (helicoidal) y el chavetero de polietileno. Para entender cada uno de los apartados, veremos todas las máquinas – herramientas utilizadas en los procesos, haciendo hincapié en cada máquina principal de mecanizado, siendo las fresadoras la cúspide de esta cadena de mecanizado.

### **5.1. ENGRANAJE DE POLIETILENO**

En cuanto a este mecanizado, comenzamos desde que compramos el tocho de material, cortándolo a la medida deseada con la tronzadora; con la electroesmeriladora afilamos las diferentes cuchillas del torno y con él, mecanizamos tanto el interior (vaciado/mandrinado), como el exterior (cilindrado y refrentado); posteriormente nos situamos en la fresadora donde elaboraremos este engranaje helicoidal.

#### **5.1.1. FRESADORA**

Para poder entender cómo mecanizar un engranaje helicoidal, tenemos la fresadora universal Fexac, del Servicio de Mantenimiento de la Universidad de La Laguna.

Esta máquina – herramienta tiene múltiples funciones, como el poder mecanizar un chavetero tal como veremos en el apartado 5.3.

##### **5.1.1.1. PARTES FRESADORA**

En este apartado veremos múltiples imágenes, donde nos aseguramos de dejar claro cada elemento de esta máquina – herramienta, apoyándonos en la gratitud del Servicio de Mantenimiento de la Universidad de La Laguna y de la propia fresadora Fexac.

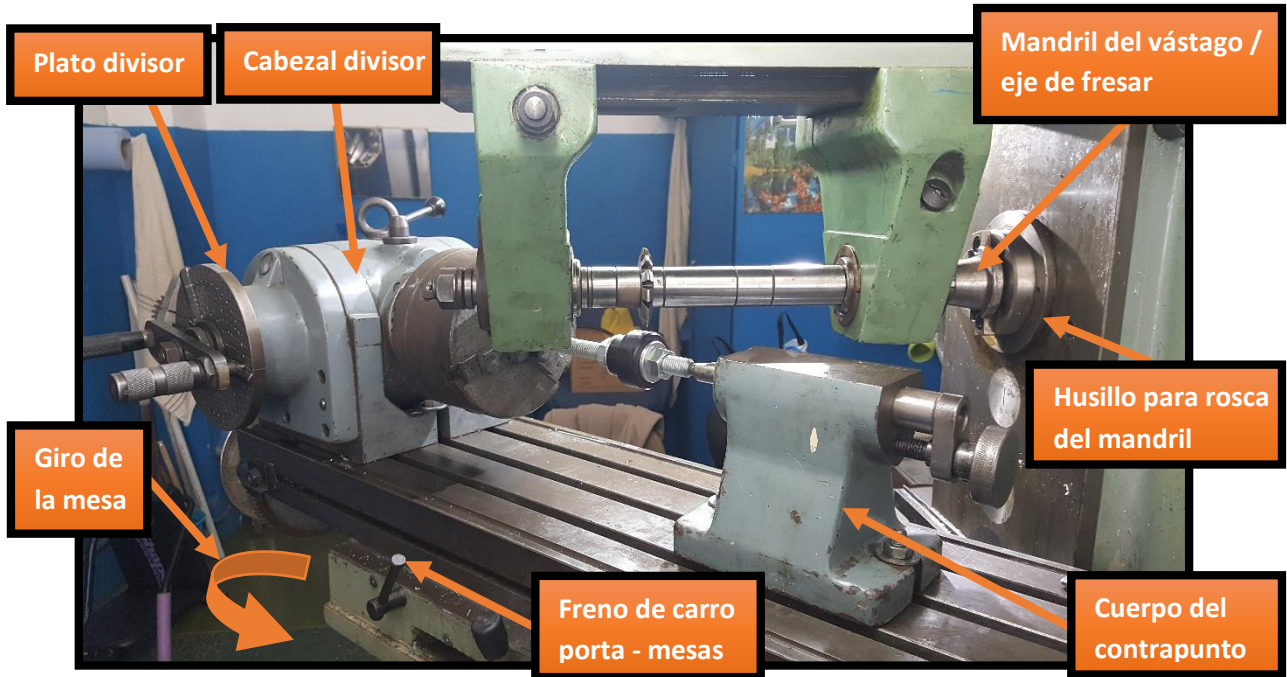


Ilustración N° 26. Disposición de una fresadora universal con soporte.

Fuente: Trabajo de campo.

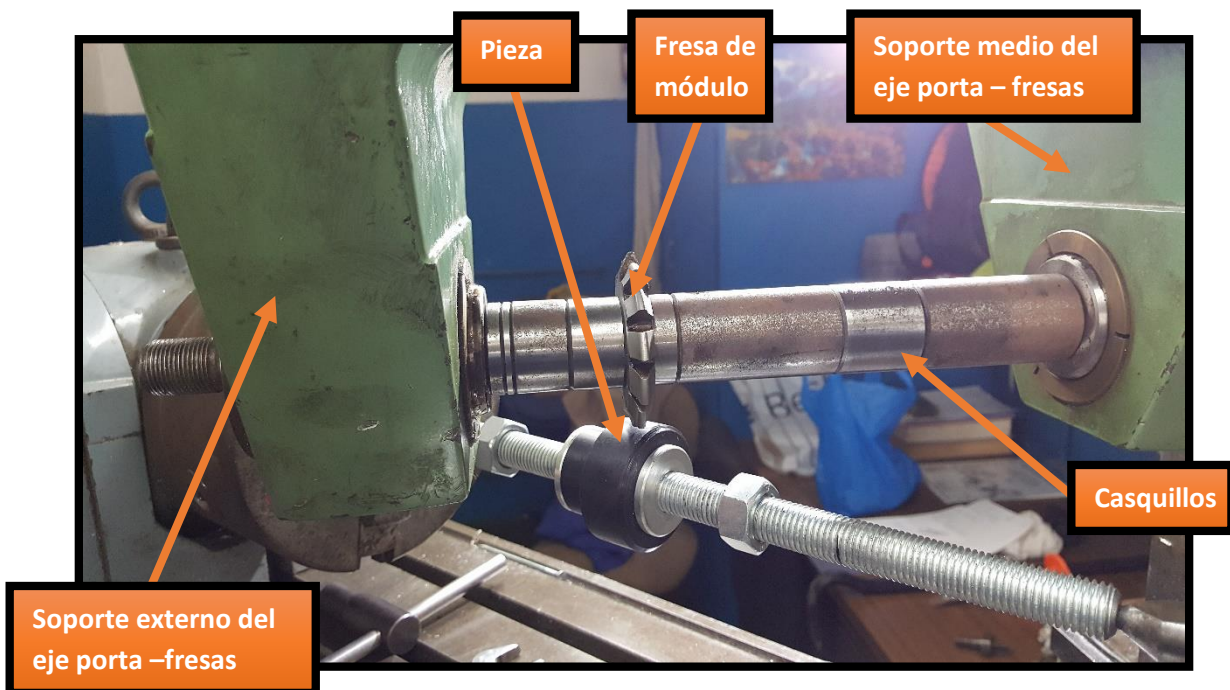


Ilustración N° 27. Husillo porta - fresas en soporte.

Fuente: Trabajo de campo.

El husillo para rosca del mandril está conectado con el árbol principal. El vástago también se puede denominar eje de fresar. Mientras que las lunetas soportan el eje porta -

fresas, los casquillos se utilizan para comprimir la fresa al eje, con el fin de poder realizar un fresado sin movimientos, ni vibraciones.

### 5.1.2. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento es el siguiente: a través del puente, se puede cambiar entre el cabezal y las lunetas, el primero sirve para las fresas cilíndricas y todo tipo de trabajos de mecanizado de planos; en el segundo, por su parte, se introduce el vástago donde irá situada la fresa de módulo, con la que se realizan engranajes.

Una vez tengamos puesto el cabezal dispuesto de la mejor forma en base al trabajo que vayamos a realizar (ángulo, disposición de la fresa), nos centramos en la mesa, la cual sirve de guía para poner la pieza, con sus respectivas mordazas.

Con la caja de velocidades se adecúa la velocidad de la herramienta, mientras que con la caja de avances se acondiciona la velocidad del automatismo de la mesa. Es importante destacar la importancia del cabezal dependiendo del trabajo a realizar. En los próximos apartados veremos cada caso por separado.

En el siguiente apartado veremos cómo fabricar un engranaje helicoidal de “plástico” (ilustración N°28). Se debe realizar una serie de pasos que van, desde que se compra el material, pasando por diferentes máquinas – herramientas como la tronzadora, torno, fresadora, hasta que adquiere la forma final. Cabe destacar que el torneado se realizó en el instituto IES Virgen de Candelaria, situado en Santa Cruz de Tenerife.



*Ilustración N° 28. Engranaje helicoidal polietileno.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

A su vez, las diferentes máquinas – herramientas tienen sus propios cuidados. Deberemos actuar en algunas herramientas afilándolas, para poder realizar un correcto mecanizado del tocho de material.

### 5.1.3. CÁLCULOS

En primer lugar, tenemos que tener en cuenta que para realizar un correcto engranaje necesitamos de una serie de cálculos que nos permitirán adecuar la pieza a la fresadora, obtener la herramienta que mejor convenga con este mecanizado y, acondicionando tanto el cabezal de la fresadora, como el plato divisor realizar el correcto engranaje helicoidal.

Para empezar, tenemos los siguientes datos que nos llegan de cuál es el resultado final que queremos obtener.

$$\left. \begin{array}{l} De = 49 \text{ mm} \\ \beta = 45^\circ \\ Z = 10 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \text{De: Diámetro exterior.} \\ \beta: \text{Ángulo de dientes.} \\ Z: \text{Número de dientes.} \end{array}$$

Para poder medir el *diámetro primitivo*, tenemos:

$$De = Dp + 2 * m$$

Donde el *módulo* “m”, se calcula de la siguiente manera:

$$m = \frac{Dp * \cos\beta}{Z}$$

De esta manera el *diámetro primitivo* nos queda:

$$De = Dp + 2 * m$$

$$49 = Dp + \frac{2 * Dp * \cos\beta}{10}$$

$$49 = \frac{10Dp}{10} + \frac{2Dp * \cos45^\circ}{10} = Dp + 0,2Dp * \cos45^\circ$$

$$49 = Dp * (1 + 0,2 * \cos45^\circ)$$

$$Dp = \frac{49}{1 + 0,2 * \cos45^\circ} ; Dp = 42,9 \text{ mm}$$

A continuación, tenemos que el *módulo* nos da:

$$m = \frac{42,9 * \cos45^\circ}{10} ; m = 3$$

Con respecto al *paso del helicoidal* “Phe”, tenemos:

$$Phe = \frac{m * Z * \pi}{\cos\beta} \quad \text{ó} \quad Ph = \pi * Dp * \text{ctg}\beta$$

$$Phe = \frac{3 * 10 * \pi}{\cos45^\circ} ; Phe = 133,29 \text{ mm}$$



Midiendo el *paso del husillo* de la fresadora, tenemos:

***Phusillo = 5 mm***

La *altura del diente* será:

$$h = 2,25 * m; \mathbf{h = 6.75 mm}$$

El número de *dientes equivalente* “Ze” nos da el número de dientes que obtendríamos (con los datos anteriores), si hiciéramos un piñón de dientes rectos, lo que nos sirve para escoger la fresa de módulo que necesitamos para mecanizar la pieza. Así, tenemos:

$$Ze = \frac{Z}{\cos^3 \beta} = \frac{10}{\cos(45^\circ)}; \mathbf{Ze = 28 dientes}$$

Una vez tenemos los datos básicos, tenemos que basarnos en la relación del tren de engranajes que se coloca en el cabezal divisor y éste se calcula de la siguiente manera: una vuelta del husillo de la mesa de la máquina – herramienta es igual al paso helicoidal de la pieza o engranaje [71].

$$\frac{\text{Paso del husillo de la máquina} * \text{constante del divisor}}{\text{Paso de la helicoidal}} = \frac{K * \text{Phusillo}}{Phe}$$
$$= \frac{40 * 5}{133,29}; \frac{\mathbf{Conductoras}}{\mathbf{Conducidas}} = \mathbf{1,5}$$

Como veremos en el siguiente apartado, la relación anterior tiene que realizarse de manera que, juntando los piñones disponibles en el taller, nos dé el mismo resultado (Página 93)

#### 5.1.4. PROCEDIMIENTO

Para poder realizar un engranaje hay ciertos pasos a seguir: en primer lugar, una vez comprado el cilindro de polietileno hay que adecuarlo a las medidas deseadas, que son 38 mm de largo.



*Ilustración N° 29. Tronzadora.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Para poder realizar este procedimiento, se utiliza una tronzadora (ilustración N°29), como ya vimos en el apartado 3.2.1, con la cual realizaremos el corte a una medida aproximada entre 45 – 50 mm, para evitar posibles fallos, ya que esa máquina – herramienta no es tan precisa.



Ilustración Nº 30. Tocho de material.

Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración anterior (ilustración Nº30) podemos ver un cilindro de más de 50 mm de largo (como mencionamos anteriormente). En este caso se dejó más del doble del largo para poder mecanizar dos piezas iguales.

A continuación, una vez tenemos el tocho de material lo más próximo a la medida deseada (después de la tronzadora), nos trasladamos al torno, en donde le daremos la forma final que nos hace falta, para poder llevarlo a la fresadora y realizar los engranajes.

El primer paso a seguir para poner una pieza en el torno, es realizar una comprobación en el centrado de la cuchilla de corte.

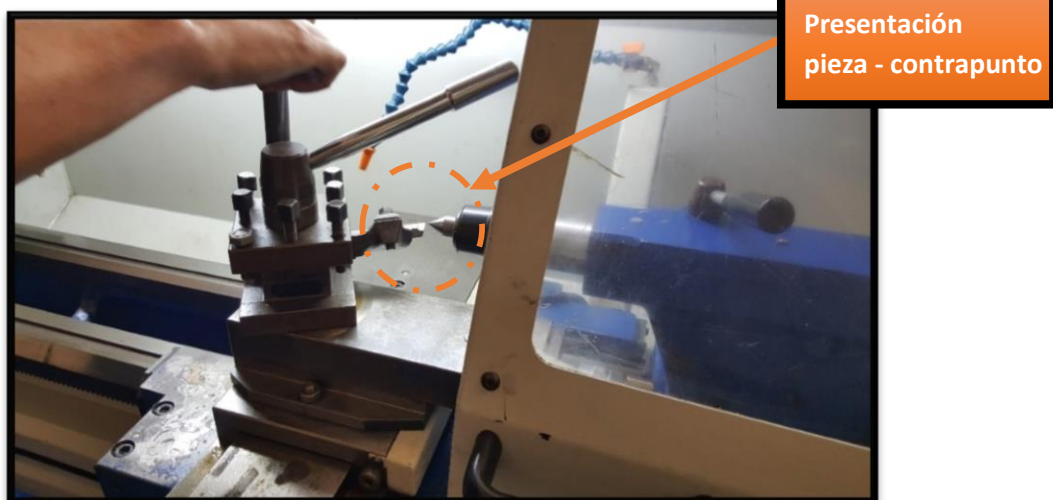


Ilustración Nº 31. Contrapunto.

Fuente: Trabajo de campo.

Una vez puesta la cuchilla de corte en el husillo porta – herramientas del torno se realiza una comprobación con el contrapunto, como puede verse en la ilustración N°31.

A continuación, se pone la pieza en el plato de tres garras que vemos en la ilustración N°32. Para poner la pieza correctamente en el plano horizontal se utiliza un reloj comparador, el cual comprueba la presión que se ejerce en el perímetro de la pieza, mientras ésta va girando, ya sea porque el torno se pone en funcionamiento a baja velocidad, o porque el operario mueva el plato.

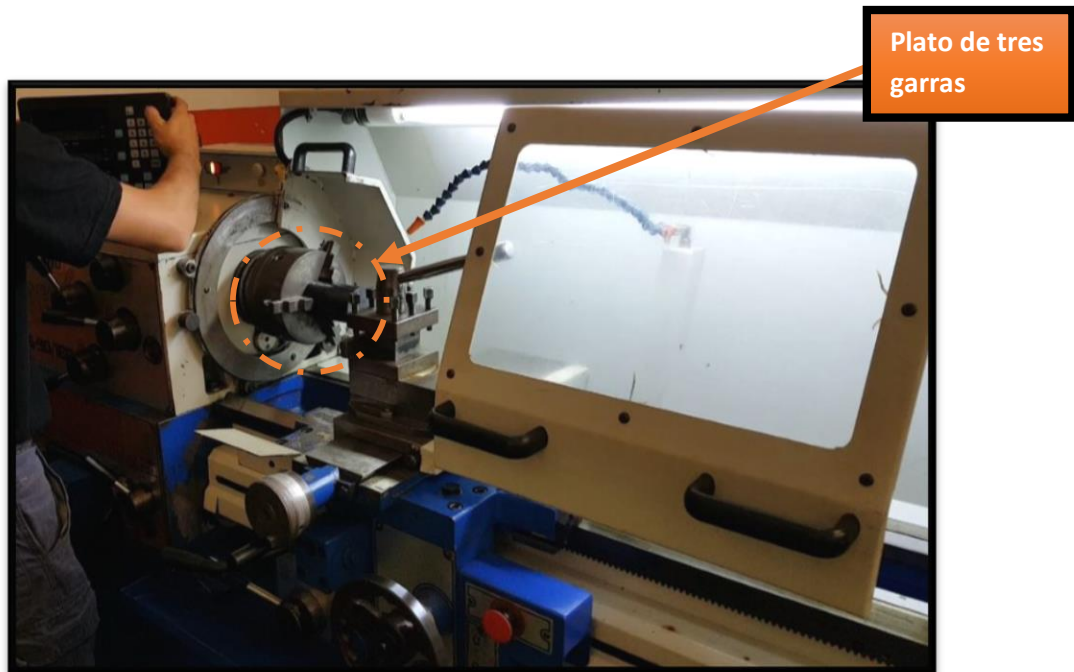


Ilustración N° 32. Torno con pantalla protectora

Fuente: Trabajo de campo.

Una vez finalizada la preparación previa al mecanizado en el torno, se acondiciona la velocidad del mismo (ilustración N°33).

Para el plástico se utiliza un grado de afilado en la punta de la herramienta de corte (acero al carbono) y velocidades bajas del plato. En nuestro caso, después de diferentes pruebas de corte hemos dispuesto una velocidad de 360 rpm.

ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN DIDÁCTICA



Ilustración Nº 33. Caja de velocidades.

Fuente: Trabajo de campo.

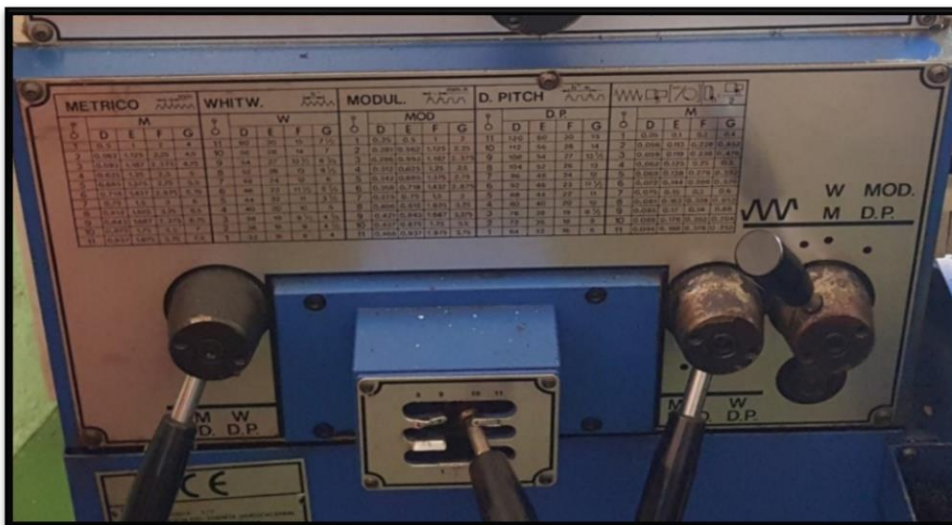


Ilustración Nº 34. Caja Norton.

Fuente: Trabajo de campo.

Para la velocidad automática del husillo del torno hemos dispuesto 0.072 mm, que es la distancia que se mueve el husillo por cada vuelta de la pieza.



*Ilustración N° 35. Cilindrado total.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

En la ilustración N°35 se puede que ver la pieza una vez se ha realizado su cilindrado completo y, por supuesto el refrentado de la pieza en su lado perpendicular al eje de giro (ilustración N°36). El siguiente paso es ejecutar un vaciado interior.



*Ilustración N° 36. Refrentado.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Con la broca de punto, la cual se coloca en el cuerpo del contrapunto, realizamos el primer agujero (apenas 10 mm), que es el marcado por donde pasaremos la broca posteriormente.

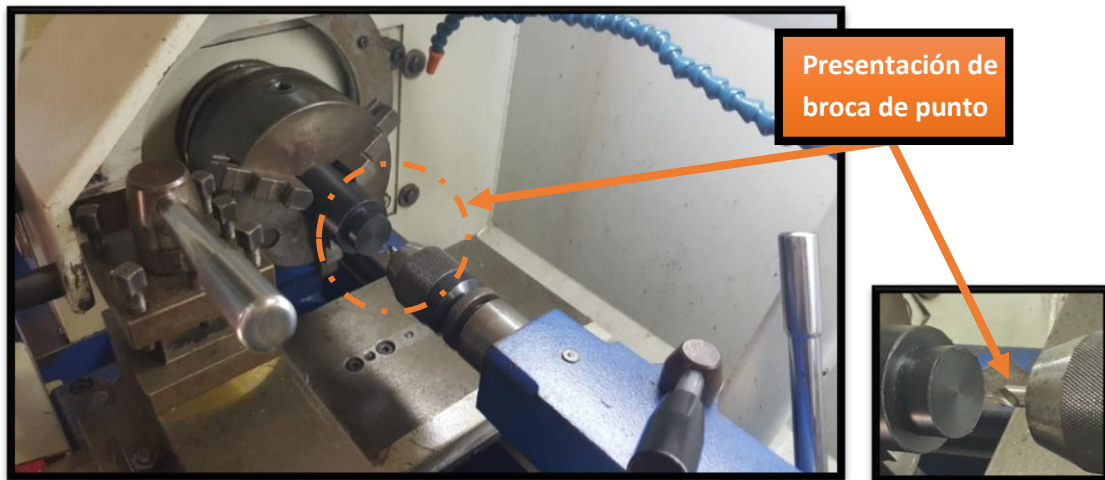


Ilustración N° 37. Broca de punto.

Fuente: Trabajo de campo.

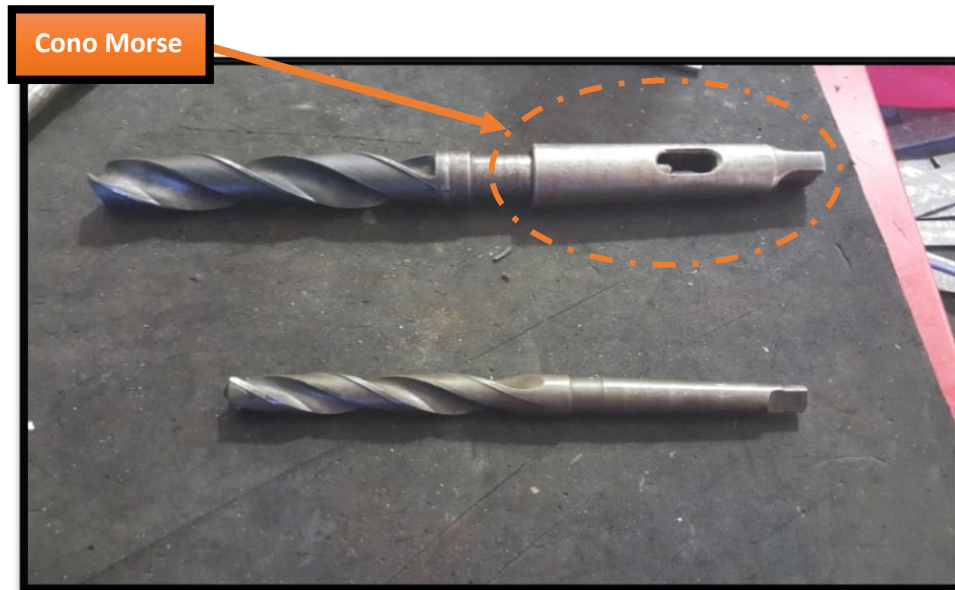


Ilustración N° 38. Guía de vaciado.

Fuente: Trabajo de campo.

Para poder realizar el vaciado tenemos que coger brocas de diferentes diámetros hasta llegar a nuestra medida deseada. En nuestro caso el diámetro final interior fue de 25,3 mm, para lo cual hicimos tres pasados con brocas diferentes:

- La primera pasada se realizó con una broca de 8  $\varnothing$  mm (diámetro).
- La segunda pasada se realizó con una broca de 13,5  $\varnothing$  mm.
- La última pasada se realizó con una broca de 22  $\varnothing$  mm.



*Ilustración N° 39. Brocas.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Puede verse en la ilustración N°39, a parte de las brocas usadas en el vaciado de la pieza, el cono Morse (que se coloca en el mango de la broca, se puede ver en la parte superior de la imagen), el cual es troncocónico y sirve de medio de acople, cuando el mango de la broca tiene un diámetro superior al interno del husillo porta – herramientas, gracias a que el cono morse experimenta una variación de diámetros.

Después de realizar el vaciado con la broca, ejecutamos un mandrinado, con una cuchilla tipo DIN 4974 [49], que es un método más preciso para llegar a la medida deseada (25,3 mm de diámetro).





Ilustración N° 40. Herramienta de corte de mandrinar.

Fuente: Trabajo de campo.

Podemos ver el plano de engranaje deseado en la ilustración N°41. Por otra parte, el proceso final antes de llevarlo a la fresadora es realizar un chaflán, que quite la rebaba y así, evite que nos cortemos y se pueda producir un incidente.

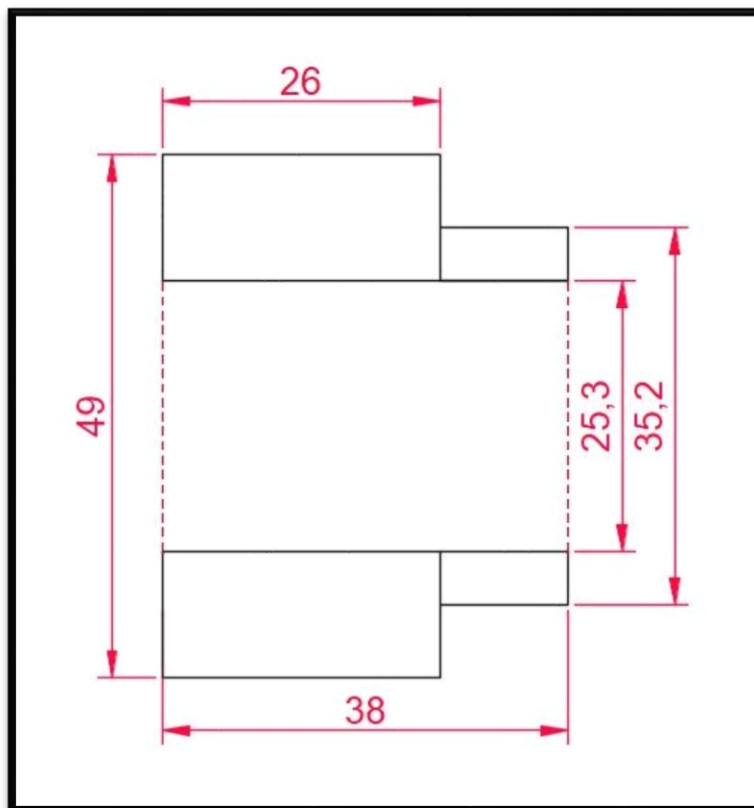


Ilustración N° 41. Plano del engranaje helicoidal.

Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración N° 42. Pieza mecanizada en torno.

Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración N°42 observamos el paso previo para realizar el engranaje helicoidal, en comparación con la pieza que se deseaba reproducir.

A continuación, vamos a ver el procedimiento de fresado usando la fresadora expuesta en el apartado 3.4.

Para comenzar, hay que adecuar la fresadora al trabajo que vamos a realizar. Vamos a ir exponiendo los pasos que hemos seguido hasta llegar a la elaboración del engranaje.

En primer lugar, según vemos en la ilustración N°43, retiramos el cabezal de husillo vertical (tipo Gambín) y en su lugar colocamos, en el puente de la fresadora, los soportes, tanto medio como externo, del eje porta – fresas.



Ilustración N° 43. Cambio de cabezal de fresadora universal.

Fuente: Trabajo de campo.

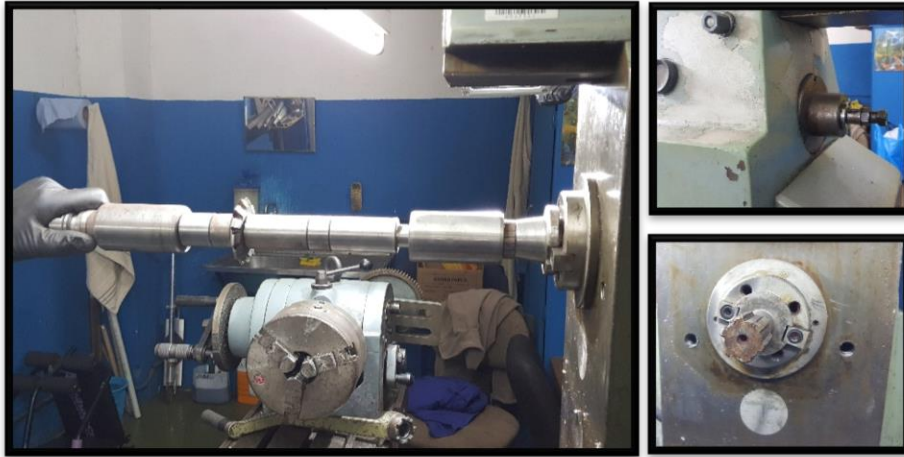


Ilustración N° 44. Mandril fresadora.

Fuente: Trabajo de campo.

Es importante destacar que el husillo donde se coloca la fresa, por medio de los casquillos, se sitúa en el interior de los vaciados de los soportes del eje porta – fresas. Lo que significa que, este husillo se ha de introducir en los soportes sin casquillos, llegando hasta el husillo de rosca del mandril. Posteriormente se irá colocando los casquillos después de cada soporte.



Ilustración N° 45. Casquillos necesarios.

Fuente: Trabajo de campo.

Debido a que la fresa tiene un diámetro mayor que el husillo, torneamos un casquillo (ilustración N°45) que introducimos posteriormente entre la fresa y el husillo.

Cogemos una fresa tipo HSS (acero rápido, pos sus siglas en inglés), de módulo 3, como ya vimos en el apartado 5.1.3. La denominación “#5” implica que es la quinta fresa de la serie, mientras que “ $\alpha 20^\circ$ ” al ángulo de disposición de los dientes (ilustración N°46).



Ilustración N° 46. Fresa de módulo.

Fuente: Trabajo de campo.

En segundo lugar, adaptamos el Cabezal divisor universal al carro longitudinal, con su correspondiente fijación, tal como los pernos y tuercas de anclaje. El carro longitudinal porta – mesas trae consigo una serie de guías por las que realizar esta fijación.



Ilustración N° 47. Cabezal divisor.

Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración N°47 podemos ver el cabezal divisor en primera instancia, con su la lira o guitarra vacía, situada en el carro longitudinal porta – mesas.

Para poder equipar el tren de engranajes tenemos que buscar los engranajes que se adecuen a la mejor relación de ruedas conductoras/conducidas (apartado 5.1.3).

En nuestro caso la relación teórica ha sido 1,5. Para nuestro tren de engranajes utilizamos una relación similar con diferentes números de dientes (Z).

Debido a que disponemos de una serie de engranajes limitados, tenemos que ir intercalando cada uno de ellos en la relación para llegar al resultado deseado:

$$\frac{\text{Conductoras}}{\text{Conducidas}} = 1,5$$
$$\frac{A * B}{C * D} = 1,5$$

Los datos denominados A, B, C y D serán los que sustuiremos por los piñones de los que disponemos en el taller. Así pues, la mejor relación se adecúa en nuestro caso es:

$$\frac{86 * 40}{72 * 32} = 1,49 \approx 1,5$$

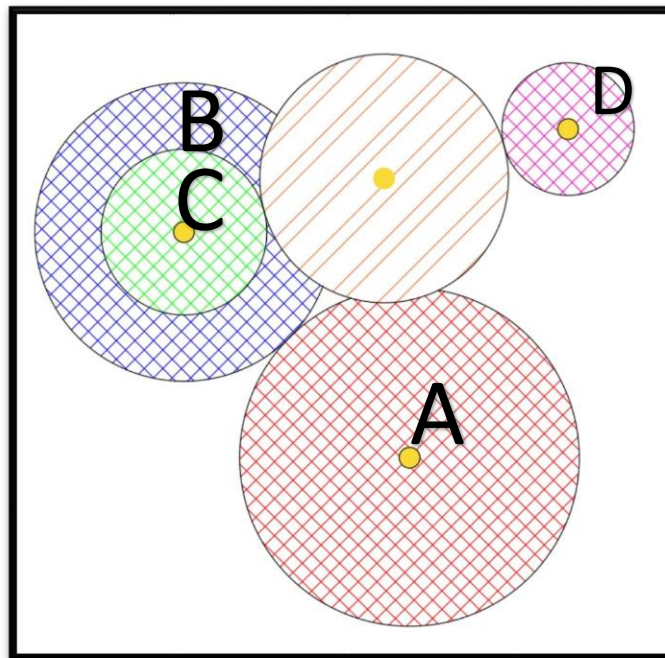


Ilustración N° 48. Disposición de los piñones.

Fuente: Trabajo de campo.

Los piñones A y B están engranados, mientras que el C, dispuesto en el mismo eje que el B, engrana con el piñón denominado intermedio (que no afecta a la relación) y este a su vez con el piñón D, terminando así la relación de este mecanismo.

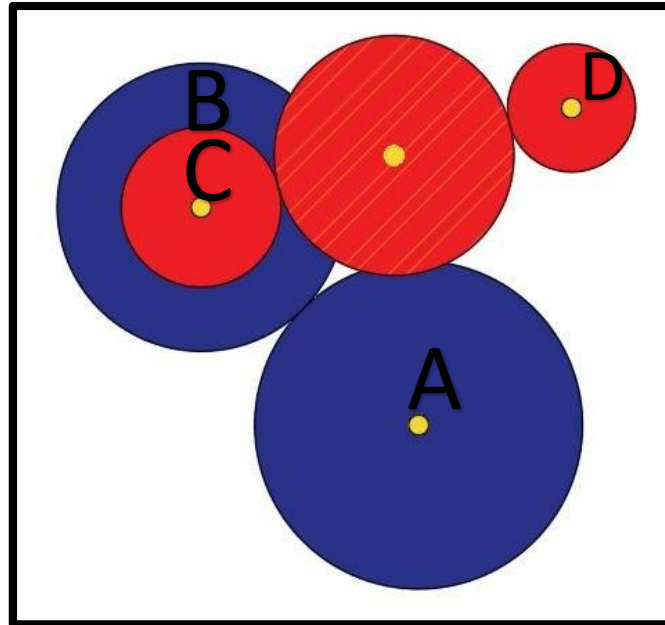


Ilustración N° 49. Transmisión de movimiento.

Fuente: Trabajo de campo.

Una vez realizada la relación del tren de engranajes los colocamos en el cabezal divisor, como podemos ver en la ilustración N°48 para, posteriormente engranar el piñón B con el A (ilustración N°50 y 51).

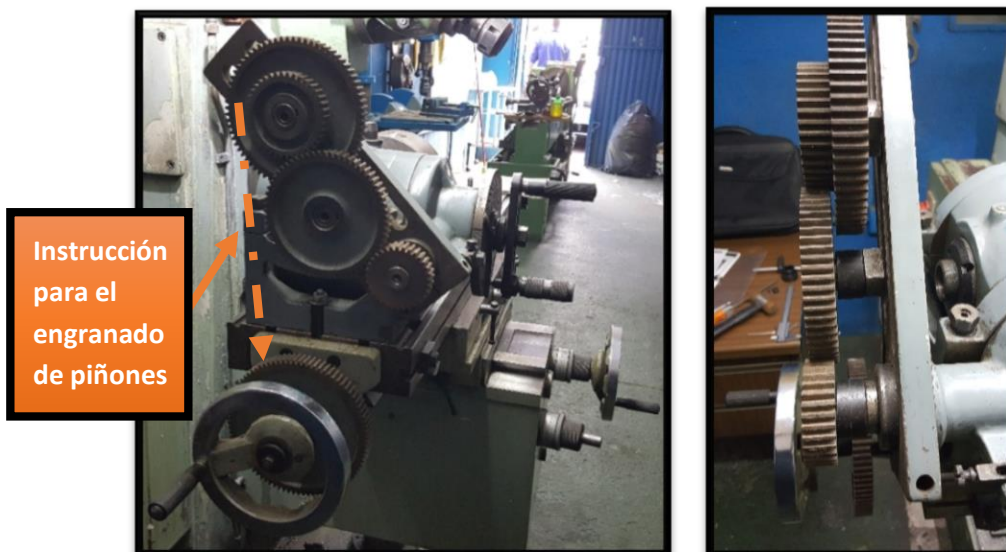


Ilustración N° 50. Cabezal con tren de engranajes.

Fuente: Trabajo de campo.

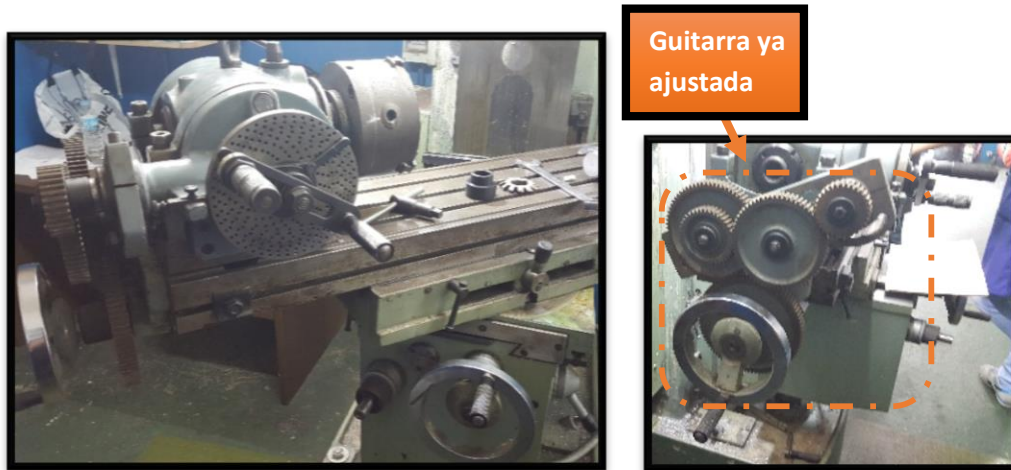


Ilustración Nº 51. Engranado final.

Fuente: Trabajo de campo.

En tercer lugar, se monta el husillo porta – pieza en el plato divisor, entre el contrapunto y este, como podemos ver en la ilustración Nº52. Podemos ver también en esta ilustración antes mencionada el husillo porta – fresas ya montado, como mencionamos en el primer paso.



Ilustración Nº 52. Husillo porta – pieza.

Fuente: Trabajo de campo.

Una vez dispuesta la fresadora a punto, vamos a comenzar a realizar el mecanizado de la pieza. Necesitamos seguir ciertas pautas para realizar el correcto engranaje.

Tenemos los siguientes datos:

- El engranaje se compone de 10 dientes.

- El ángulo de los dientes helicoidales es 45°.

Como son 10 dientes necesarios, tenemos la relación:

$$n = \frac{40}{Z}$$

$$n = \frac{40}{10} = 4$$

Esto quiere decir que se necesitan 4 vueltas del plato divisor para realizar cada diente.

A continuación, vamos a ver los pasos a seguir para realizar el engranaje:

- Colocamos el carro longitudinal porta – mesas a 45°.
- Presentamos la fresa a la pieza comprobando que no haya contacto de entre superficies de la fresadora, pudiendo rozar el plato de agarre con los soportes de la porta – fresas.



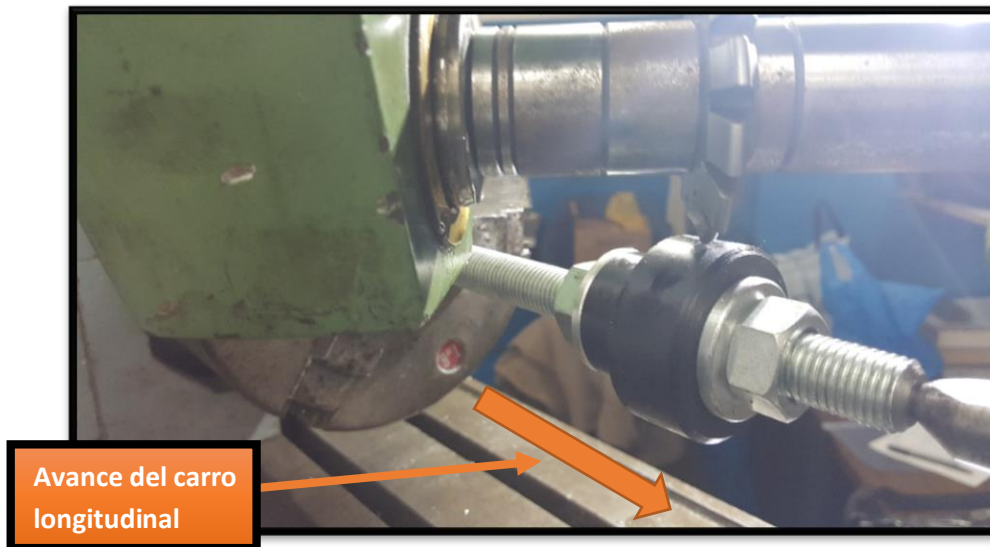
Ilustración N° 53. Presentación fresa - pieza.

Fuente: Trabajo de campo.

- Se marca, con la fresa, el centro de la pieza, moviendo el carro transversal del carro porta – mesas (manivela de accionamiento). El marcado se realiza con la división en el plato divisor, actuando sobre la manivela del mismo. Se ejecuta el primer marcado y posteriormente se retira la fresa antes de realizar la siguiente división. Con esto se evita que la fresa dañe la pieza.



- A continuación, se marca cada diente para que, al finalizar el marcado de los diez dientes, se compruebe que se haya hecho una correcta división, realizando la undécima división (4 vueltas del plato divisor).



Avance del carro longitudinal

Ilustración N° 54. Marcado de pieza.

Fuente: Trabajo de campo.

- Una vez finaliza el marcado, se procede a realizar el primer diente. Operamos moviendo el carro longitudinal porta – mesas en avance automático y una velocidad del husillo porta – fresas de 340 rpm.



Ilustración N° 55. Fabricación del primer diente.

Fuente: Trabajo de campo.

¿Cómo se procede a realizar la primera pasada? El carro longitudinal porta – mesas se mueve a una velocidad baja en dirección a la fresa. Ya que dispusimos el tren de engranajes, la pieza se irá moviendo a la vez que la mesa, describiendo la pieza, un movimiento helicoidal.

Al final de esta pasada paramos la máquina, por precaución, y movemos la manivela de mando para el movimiento vertical a mano en sentido contrario a las agujas del reloj – de esta forma se separa la pieza de la herramienta de corte – antes de volver a mover el carro longitudinal en sentido contrario, volviendo al principio del ciclo.

En los casos posteriores se deberá, en primera instancia, realizar cuatro vueltas en el plato divisor y ejecutar de nuevo el proceso antes mencionado. Se deberá repetir el proceso nueve veces más para llegar al total de diez dientes.

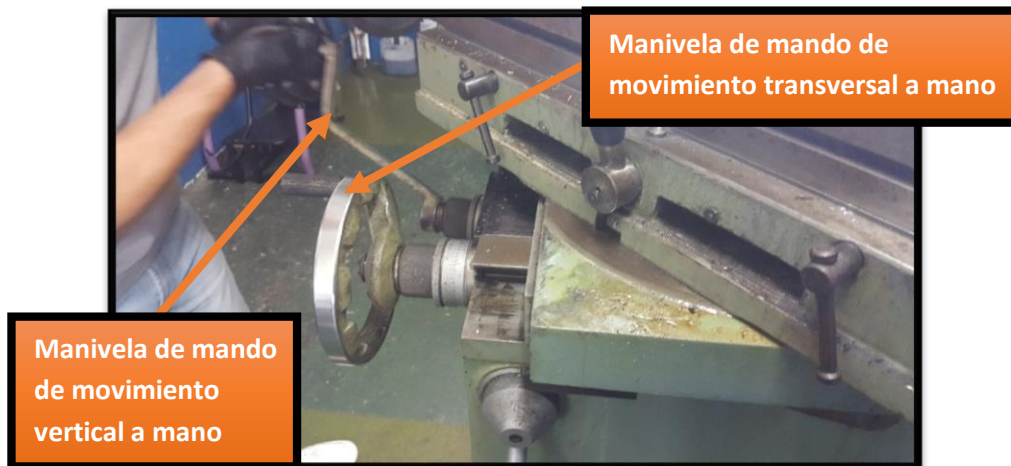


Ilustración N° 56. Manivelas de mando.

Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración N° 57. Elaboración de dientes.

Fuente: Trabajo de campo.

Se observa como se han realizado cada uno de los dientes, pudiéndose ver las virutas plásticas que se han quedado pegadas, por el calor desprendido, en la propia pieza. Éstas podremos quitarlas de manera fácil con la mano, o con una lija de grano fino. En la ilustración N°58 puede verse el engranaje finalizado con su semejante en bronce. Ambos se pueden engranar realizando un “tren de engranajes” a 90°, comprobando su simetría.



Ilustración N° 58. Engranaje helicoidal de diez dientes. Réplica en bronce.

Fuente: Trabajo de campo.

Como parte final a este mecanizado, se recogen todos los materiales utilizados y se limpia la máquina herramienta. A la vez que se engrasa en sus respectivos engrasadores.

## 5.2. ENGRANAJE DE TEFLÓN

En este apartado vamos a ver una aplicación especial en la que tenemos un torno, un cabezal divisor y necesitamos elaborar un engranaje de dientes rectos de Teflón.

Debido a que la fresadora y el torno se diferencian en el movimiento de sus herramientas de corte, este tema nos dará una noción de cómo actuar en caso de necesidad y pocos recursos.

Nos vamos a situar en el taller Reparaciones Industriales R&K localizado en Santa Cruz de Tenerife.

### 5.2.1. TORNO

A continuación, vamos a disponer cada una de las partes de las que se compone este mecanizado tan excepcional, centrándonos en el torno, como elemento principal. El cabezal divisor y el accesorio porta – fresas (del que hablaremos a continuación), son

accesorios que se acondicionan en el propio torno. En la ilustración N°59 se observa, de forma general, los elementos ya situados en esta M – H.



Ilustración N° 59. Torno con cabezal divisor universal.

Fuente: Trabajo de campo.

En primer lugar, y una vez tengamos tanto el torno como los otros dos elementos (cabezal divisor y accesorio porta – fresas) a mano, realizamos una presentación del cabezal divisor, que lo hemos situado encima de una mesa accesoria, con el eje principal del torno (ilustración N°60).

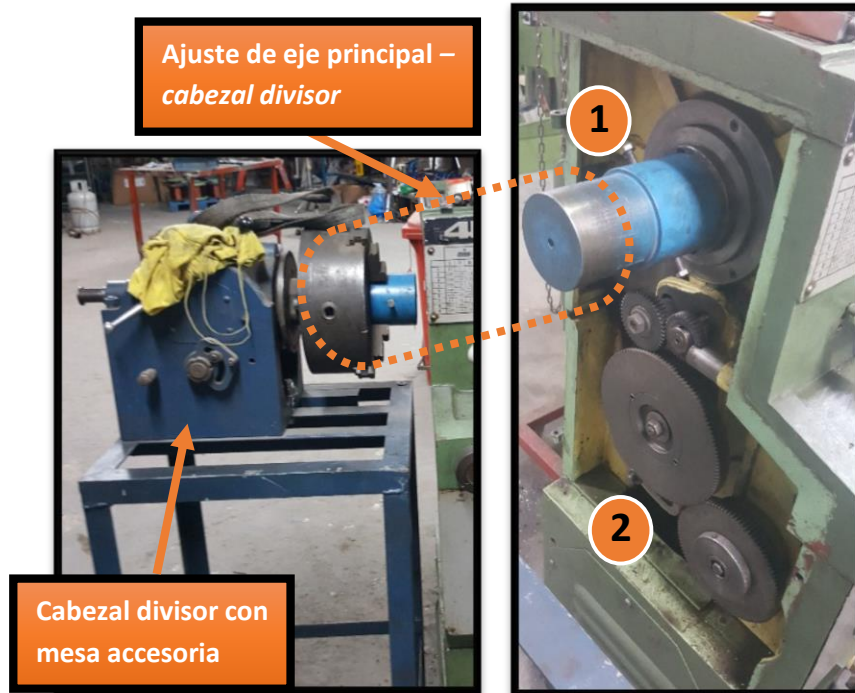


Ilustración N° 60. Acople plato - torno

Fuente: Trabajo de campo.

De la ilustración anterior (N°60), deducimos que: el eje conducido / principal (1) engrana con el plato del cabezal divisor; la lira (2) tiene la función de variar la velocidad del plato de agarre del torno, donde irá la pieza que deseamos elaborar. Aunque, como es obvio, en este caso el motor del torno no estará en funcionamiento, somos nosotros los que movemos el cabezal divisor, y con ello el plato de agarre (y la pieza por supuesto), cuando procedamos a realizar los dientes.



Ilustración N° 61. Accesorio porta – fresas.

Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración N°61 podemos observar los diferentes elementos de los que se compone el accesorio porta – fresas:

- A: Motor eléctrico trifásico.
- B: Rueda para polea.
- C. Husillo porta – fresas con fresa de módulo.

El accesorio consta de tres partes fundamentales, el husillo donde va la fresa, la polea, que conecta el husillo porta – fresas con el motor trifásico, y el propio motor.

### 5.2.2. CÁLCULOS

$$\left. \begin{array}{l} De = 80 \text{ mm} \\ m = 3 \end{array} \right\}$$

Para comenzar debemos hallar el máximo número de dientes que podemos tallar:

$$De = m * (Z + 2)$$

$$Z = \frac{De}{m} - 2$$

$$Z = \frac{80}{3} - 2 = 24,7 \approx 25 \text{ dientes.}$$

En nuestro caso, optamos por realizar un engranaje de 18 dientes. A continuación calculamos la división con la siguiente fórmula:

$$n = \frac{40}{Z}$$

$$n = \frac{40}{18} = 2,22 = 2\frac{2}{9} = 2\frac{4}{18}$$

Lo que implica que son necesarias dos vueltas de la manivela y cuatro orificios en el disco de dieciocho divisiones para realizar este engranaje recto.

### 5.2.3. PROCEDIMIENTO

En el siguiente apartado veremos una aplicación especial de esta máquina - herramienta. El plato divisor se coloca en el cabezal del torno. El eje principal que mueve el plato de tres o cuatro garras, es el mismo que controla el cabezal divisor.

La fresa de módulo ha sido acoplada a un husillo especial basado en un motor trifásico y una polea que mueve este mecanismo.



*Ilustración N° 62. Engranaje recto de Teflón.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

Esta aplicación resulta un tanto especial, debido a que hoy en día ya hay más disponibilidad para conseguir una fresadora universal, o encargarle el trabajo a un taller de mecanizado especializado.

Si ponemos como ejemplo la industria naval, es muy raro requerir un engranaje para una determinada ocasión, ya que con la comercialización tan desarrollada, como la que tenemos actualmente, no tardan en realizar pedidos en escaso tiempo. Aunque nunca está demás por si hay algún problema y no tenemos ayuda exterior en un largo período de tiempo.

Para comenzar se dispone, según lo visto en el apartado 5.2.1, el cabezal divisor, el torno y el accesorio porta – fresas en su lugar correspondiente.

En primer lugar situamos el tocho de Teflón en el husillo preparado colocado entre el plato de agarre y el contapunto. A continuación, cilindramos y refrentamos la pieza de Teflón hasta dejarla a un diámetro exterior de 80 mm. El problema que tiene el Teflón es la cantidad de viruta plástica que va soltando, ya que con la fricción, ésta se queda fundida a la propia pieza.



Ilustración N° 63. Torneado de cilindro de Teflón

Fuente: Trabajo de campo.

El siguiente paso es retirar la torreta porta – herramientas de su acople y poner el accesorio porta – fresas.

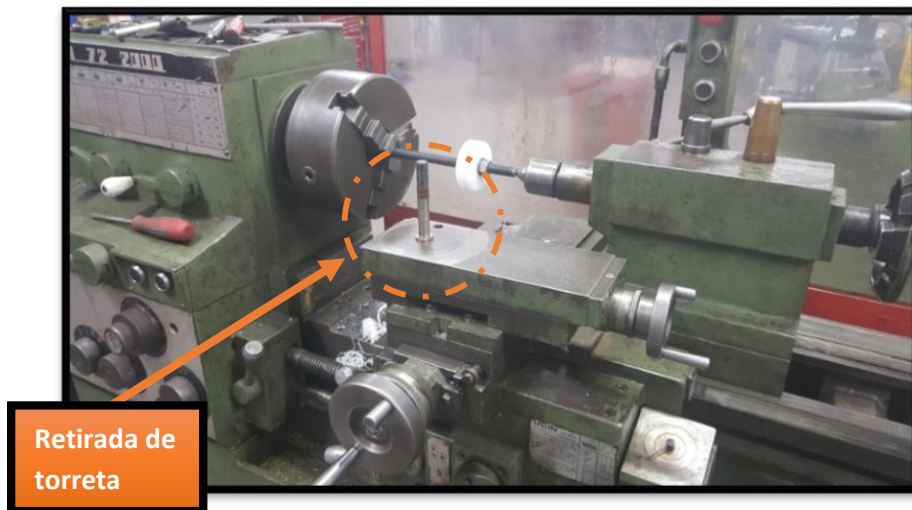


Ilustración N° 64. Retirada de torreta.

Fuente: Trabajo de campo.

El accesorio se sitúa en el carro longitudinal, encima apoyado, la fijación la realiza la misma tuerca que ancla el carro porta – herramientas (cuando está puesto).

En la ilustración N°65 podemos ver el accesorio ya acoplado listo, con la fresa ya presentada a la pieza, a falta de enchufar el conector trifásico.





Ilustración Nº 65. Presentación de accesorio.

Fuente: Trabajo de campo.

El accesorio se ajusta en la torreta porta – herramientas, y una vez fijada se comprueba que los diferentes elementos, como la fresa, la pieza y el accesorio en sí estén bien sujetos y apretados, para disminuir todo el riesgo posible.



Ilustración Nº 66. Fijación mesa cabezal divisor.

Fuente: Trabajo de campo

Para poder anclar la mesa del plato divisor, el operario intrujo una serie de pernos que se fijan al soporte del torno, con sus tuercas correspondientes. El cabezal divisor tiene un cáncamo y una eslinga debido al peso del conjunto.

Una vez comprobado de que todos los elementos están en su correcta posición y que los operarios están dentro del marco de seguridad, se procede a conectar el motor trifásico a la corriente. El motor arranca a 380V en conexión estrella, para evitar subir el consumo eléctrico.

Hay que matizar que el acople se sitúa en el carro transversal mediante una tuerca de fijación, siendo un mecanismo muy singular, pero a la vez peligroso. El funcionamiento de éste es el siguiente: El motor trifásico y el útil porta – fresas disponen de una juego de ruedas donde situamos la polea que genera movimiento entre el motor y la herramienta de corte.

Como al principio de cada trabajo, se procede a marcar los dientes en la pieza, como vemos en la ilustración N°67.

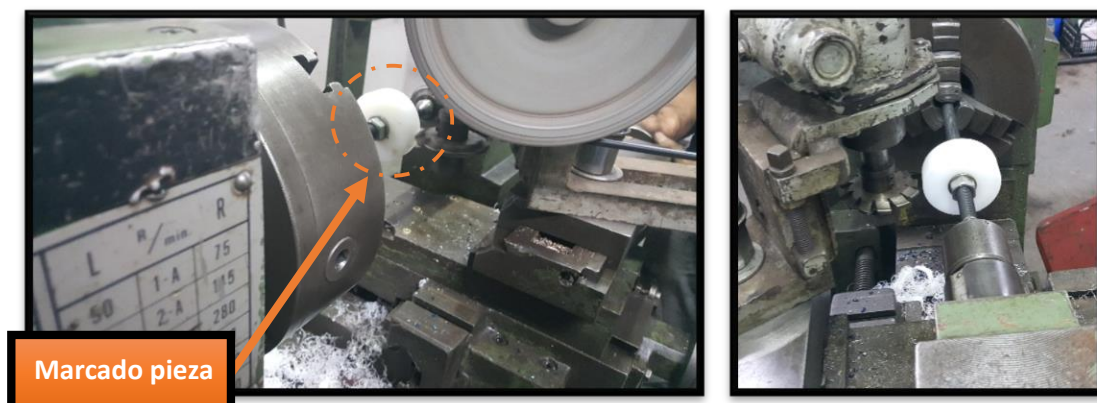


Ilustración N° 67. Marcado en torno.

Fuente: Trabajo de campo.

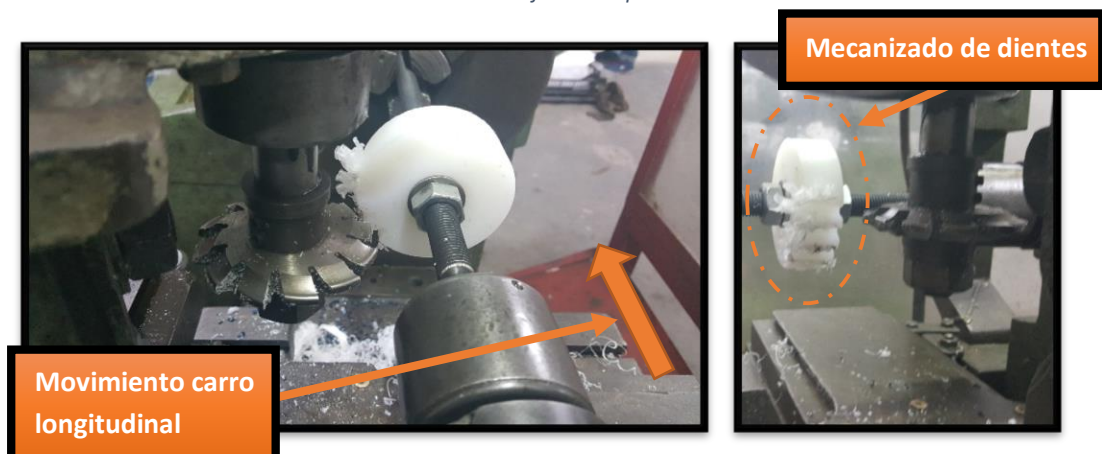


Ilustración N° 68. Mecanizado engranaje Teflón.

Fuente: Trabajo de campo.

El sentido de corte de la fresa podemos verlo en la ilustración N°68.

La ejecución del engranaje es la siguiente:

- Se presenta la fresa de corte a la pieza.
- Se marcan los dientes para comprobar que el cálculo de la división sea correcto. Esto se realiza al igual que si fuéramos a mecanizar los dientes: en el plato divisor se mueve la manivela dos vueltas y se lleva el *perno índice* (punta de la manivela) hasta el cuarto orificio del disco dieciocho. Con esto se realiza el marcado del primer diente, posteriormente se aleja la herramienta de corte con la manivela manual longitudinal (en sentido contrario al marcado), para evitar que la herramienta pueda dañar la pieza. Se vuelve a realizar las vueltas en el plato divisor y se realiza el siguiente marcado, con la acción de la manivela manual longitudinal. Se sigue así hasta que se llega al último diente, y se comprueba que, con la siguiente división (accionando la manivela del plato divisor) se llegue a donde realizamos el primer marcado.
- Posteriormente se procede a mecanizar el primer diente: en este caso, una vez se realice una pasada (a velocidades bajar para evitar dañar la pieza), se acciona la manivela manual transversal, que es la que mueve el carro donde se sitúa el accesorio porta – fresas, para evitar que la pieza, en el movimiento de vuelta al inicio, pueda dañar la pieza (esto se consigue moviendo ambas pasadas a mano y con cuidado de aparte de perjudicar la pieza, evitar que la fresa pueda dañar el plato de agarre). Las pasadas se pueden realizar con la activación de la palanca de mando, que acciona el movimiento automático del carro longitudinal porta – mesas, o bien de manera manual, con la manivela de accionamiento.
- Una vez llegado al último diente, se realiza una comprobación, como ya hemos mencionado de que la siguiente división nos dé exactamente en la raíz del siguiente diente.

Para finalizar operación se recurre al torno, situando la pieza en el husillo ya dispuesto (sin ningún accesorio para el fresado), retirando el accesorio porta – fresas, y colocando de nuevo la torreta porta – herramientas con la cuchilla de corte, para retirar la viruta plástica pegada y, posteriormente podemos limpiar bien la grasa de la pieza.

### 5.3. FABRICACIÓN CHAVETERO

El chavetero es un proceso que se realiza a una pieza cilíndrica en forma de vaciado, para poder insertar una chaveta. Esta técnica se utiliza para acoplar dos piezas de revolución. Las chavetas deben ir muy bien ajustadas, careciendo de juego que pueda desgastar el acople.

En este apartado veremos cómo se realiza un chavetero. Hemos realizado esta práctica en el Servicio de Mantenimiento de la Universidad de La Laguna.

#### 5.3.1. CÁLCULOS

Nuestros cálculos se han basado en realizar un chavetero puntual, sin seguir unas pautas específicas para un trabajo. Con lo cual, los datos que obtenemos son:

- Tocho de aluminio: 250 mm de longitud.
- Chavetero: 50 mm de longitud; 5 mm de profundidad.

#### 5.3.2. PROCEDIMIENTO

En primer lugar, mecanizamos el tocho de polietileno en el torno. Debemos seguir ciertos pasos:

- Realizamos un corte en el tocho de material con una longitud de 250 mm para poder realizarle el chavetero. El corte se realiza con una cuchilla de tronzar fijada a la torreta porta – herramientas del torno.



*Ilustración Nº 69. Proceso de tronzado.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

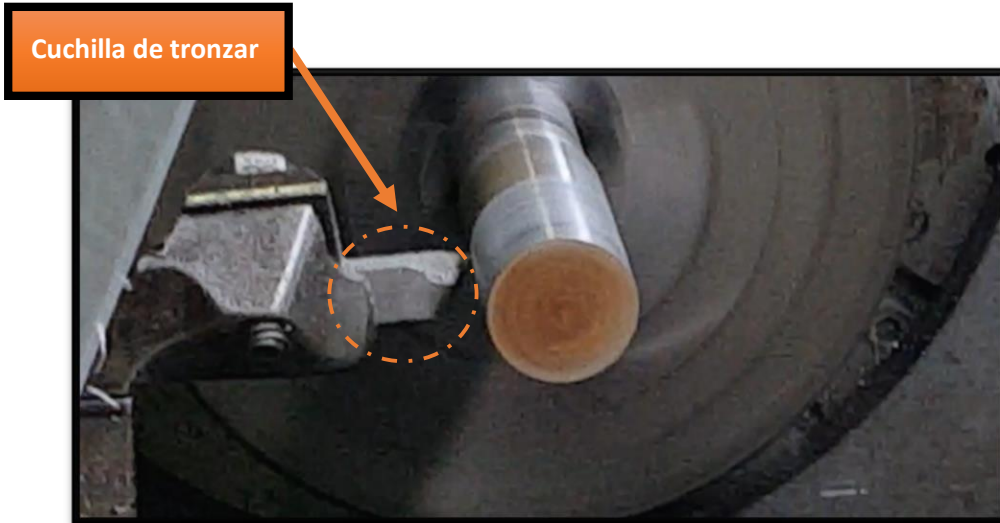


Ilustración N° 70. Cuchilla de tronzar.

Fuente: Trabajo de campo.

- Cilindramos el polietileno a la medida deseada. Al igual que en el apartado 5.1.4. utilizamos una cuchilla de acero al carbono, con una velocidad del plato de 360 rpm, que depende del diámetro del cilindro, de la cuchilla y del material.

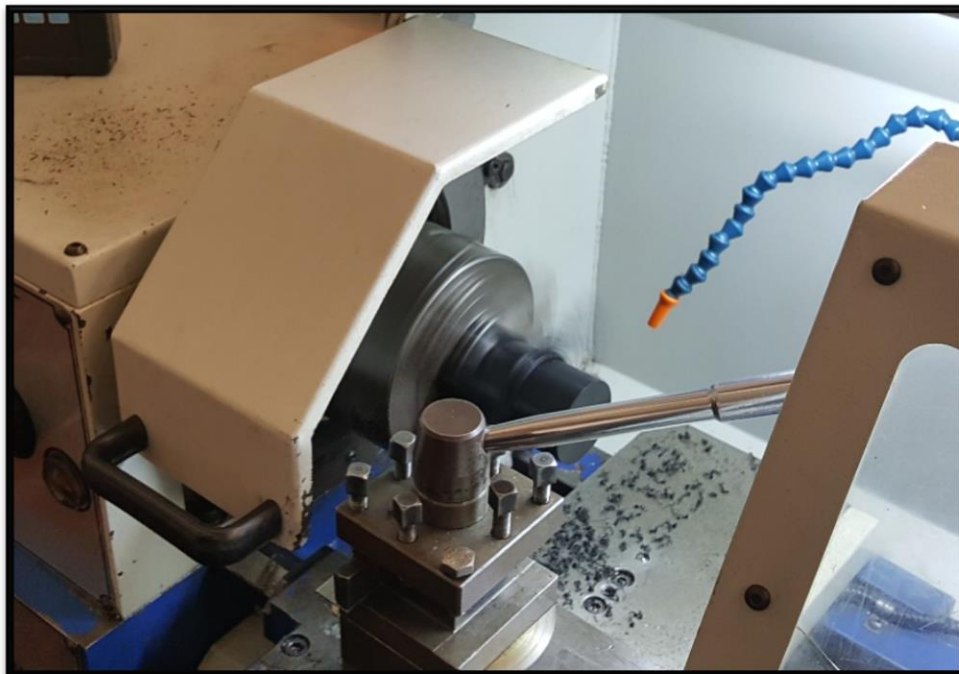


Ilustración N° 71. Proceso de cilindrado.

Fuente: Trabajo de campo.

- Refrentamos el cilindro a ambos extremos para obtener una pieza más uniforme.

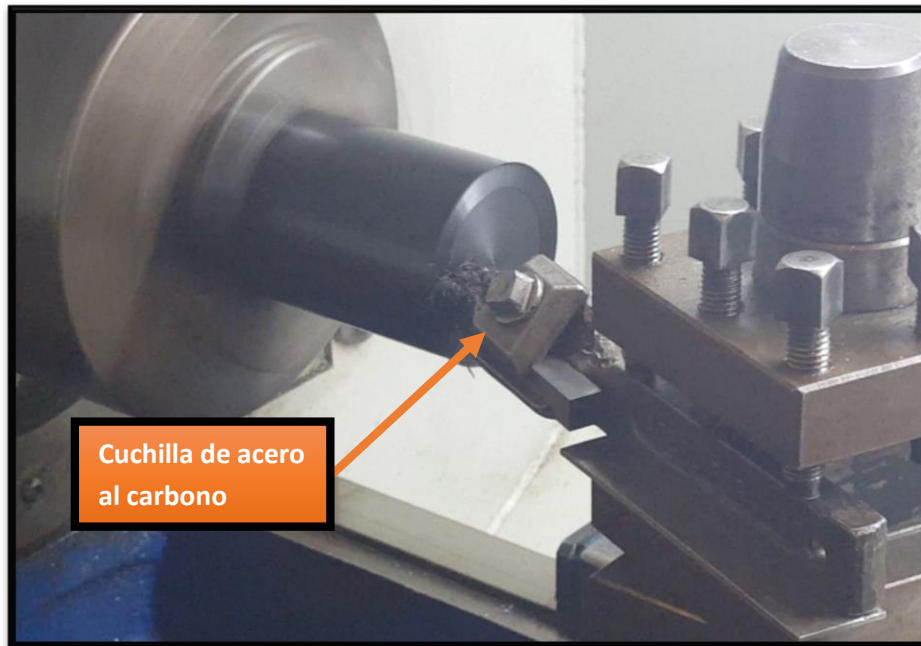


Ilustración N° 72. Proceso de refrentado

Fuente: Trabajo de campo.

En segundo lugar, preparamos el mortajadora, situando la pieza en el interior del plato de tres garras. El plato se ajusta con un útil que entra en cada punto de la superficie del plato de agarre (en los laterales, ilustración N°73).



Ilustración N° 73. Plato de tres garras. Mortajadora.

Fuente: Trabajo de campo.

Cuando la pieza está fija, se cierra la pantalla de protección (ya que si no la M – H no funciona).

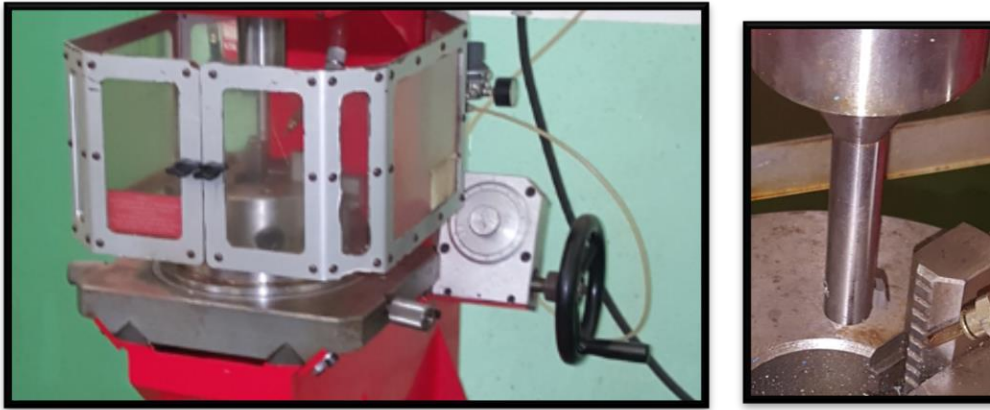


Ilustración N° 74. Mortajadora. Pantalla de cierre y herramienta de corte.

Fuente: Trabajo de campo.

Una vez realizada la primera pasada (poca profundidad en el corte), se procede a comprobar que haya salido bien, esté recto. No se recomienda quitar la pieza, a no ser que sea necesario por un mal ajuste desde un principio.

Para materiales de mayor dureza como aceros al carbono, inoxidable, se recomienda realizar más de una pasada con poca profundidad. En nuestro caso, al ser un material plástico el único problema es la deformidad que se produce, que actúa como un desgarro de un material metálico. La solución marcar la superficie del material y como ya hemos mencionado, empezar con poca profundidad.

Es importante encajar la pieza recta en el plato de agarre ya que, si no lo hacemos así, el chavetero no saldrá recto, y tendremos problemas de ajuste con las propias chavetas, como vemos en la siguiente ilustración:



Ilustración N° 75. Mal mecanizado.

Fuente: Trabajo de campo.



Ilustración N° 76. Finalización del chavetero interior.

Fuente: Trabajo de campo.

#### **5.4. DESCRIPTIVA Y ELEMENTOS ANEXOS DE FRESADORA JARBE CM-60**

A continuación, tenemos un primer contacto acerca de los diferentes elementos que nos podemos encontrar cuando nos situamos en frente de una fresadora universal.

##### **5.4.1. LIRA DE APARATO DIVISOR**

La lira es un elemento que une una serie de engranajes. En ella se sitúan unos soportes que hacen posible el anclaje de estos. Se utiliza en la caja de velocidades y avances del torno, fresadora y otras máquinas – herramientas, pero también podemos encontrarlo en el cabezal divisor.

El cabezal divisor, cuando requiere de divisiones fraccionarias o en divisiones para engranajes helicoidales, requiere de una lira que pueda contener diferentes engranajes, dependiendo de la división, haciendo más fácil el acople de estos.





Ilustración N° 77. Lira cabezal divisor.

Fuente: [33]

#### 5.4.2. VOLANTE DE ACCIONAMIENTO DE MOVIMIENTO

Este elemento se emplea habitualmente en sus múltiples formas, tanto en diseño de manivela, como de volante de accionamiento. Su utilidad radica en accionar, generando movimiento a los diferentes carros porta – mesas de las máquinas – herramientas.

Este elemento va acoplado a los terminales cilíndricos engranados en los husillos de la fresadora.



Ilustración N° 78. Volante accionamiento.

Fuente: Trabajo de campo.

### 5.4.3. SOPORTE EN V

Es elemento se utiliza para el soporte de grandes ejes. Cuando queremos mecanizar, ya sea en el torno o la fresadora, ejes de gran calibre, necesitamos de un soporte que impida que la pieza llegue a doblarse por presión.

Por ejemplo si queremos realizar un ranurado en una pieza cilíndrica, o con diferentes trabajos de juntas y guías, debemos escoger las fresas de disco y periféricas, respectivamente.



*Ilustración N° 79. Soporte en V*

*Fuente: Trabajo de campo.*

### 5.4.4. CABEZAL DIVISIÓN SIMPLE

Como hemos visto en el apartado 3.6, los cabezales de división directa o simple, cuentan con un disco provisto de ciertas divisiones en las que el cálculo se deduce de entender que para que el husillo del cabezal de una vuelta completa se necesitan 40 vueltas a la manivela.



*Ilustración N° 80. Cabezal de división simple.*

*Fuente: Trabajo de campo.*

#### 5.4.5. CONTRAPUNTO AJUSTABLE

El contrapunto es un elemento que sirve para el mecanizado de ejes, tanto en el torno como en la fresadora. Éste se coloca en uno de los extremos de la pieza que queremos mecanizar y sirve de soporte.

En la ilustración N°81 podemos ver un contrapunto especial, denominado contrapunto ajustable. Su peculiaridad es que posee un perno con tuerca de ajuste que limita la altura del contrapunto.

A continuación, vamos a puntualizar los diferentes componentes que forman este mecanismo:

- Cuerpo del contrapunto: armazón que contiene todo el mecanismo.
- Perno con tuerca de ajuste: regulable al nivel deseado en sentido vertical.
- Contrapunto: elemento que sostiene el eje a mecanizar.

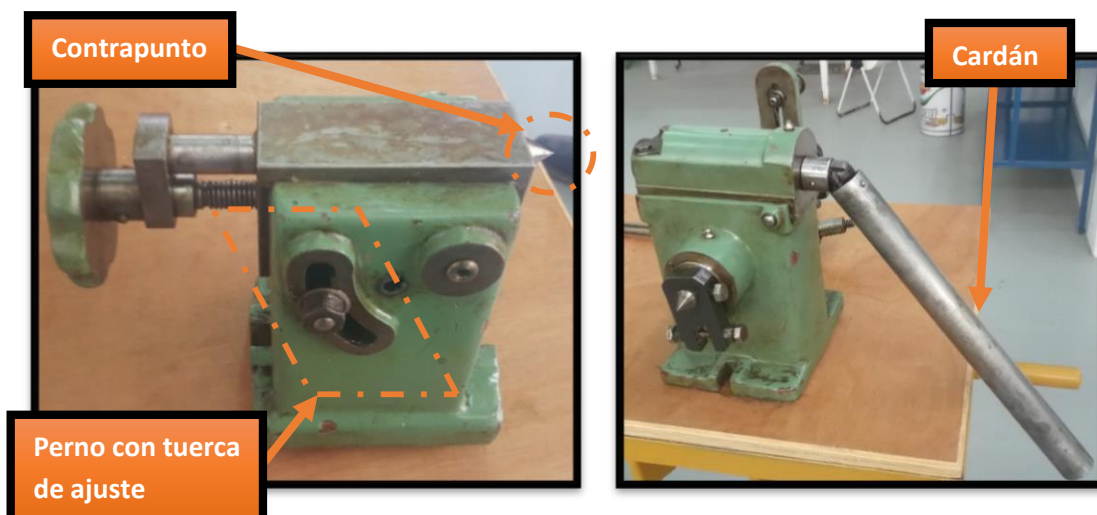


Ilustración N° 81. Contrapunto ajustable y cabezal de división.

Fuente: Trabajo de campo.

En la ilustración N°81 podemos ver: a la izquierda, el contrapunto, mientras que a la derecha podemos ver un cabezal de división con movimiento cardánico.

#### 5.4.6. EJE DE TRANSMISIÓN POR CARDANES

Este elemento se utilizaba en fresadoras antiguas, debido a que con un solo motor transmitía, mediante este eje, movimiento a las demás piezas.



Ilustración N° 82. Cardan de transmisión.

Fuente: Trabajo de campo.

#### 5.4.7. CABEZAL DIVISOR VERTICAL

Este elemento se utiliza para el mecanizado de piezas en vertical. Se coloca en el carro longitudinal porta – mesas de la fresadora. Su función, al igual que los otros cabezales divisores vistos en este trabajo, es realizar un número de divisiones de la pieza que acoplamos en la mesa, ajustándola con sus respectivas mordazas.

Este element va montado sobre un plato circular que se mueve dependdiento del giro de la manivela.



Ilustración N° 83. Cabezal divisor vertical.

Fuente: Trabajo de campo.

Los sentidos de giro los podemos ver en la ilustración anterior (Ilustración N°83), tanto de la manivela como del plato divisor.

## 5.5. EXPLICACIÓN CABEZAL DIVISOR UNIVERSAL ZEATZ (JARBE)

En este apartado vamos a ver la disposición y el funcionamiento del cabezal divisor universal Zeatz de Jarbe, situado en la Escuela Técnica Superior de Máquinas, Náutica y Radioelectrónica Naval de La Universidad de La Laguna [72]

### 5.5.1. PARTES

Tenemos, a continuación, las diferentes partes de este cabezal divisor universal. Vamos a ir mencionando cada elemento por separado:

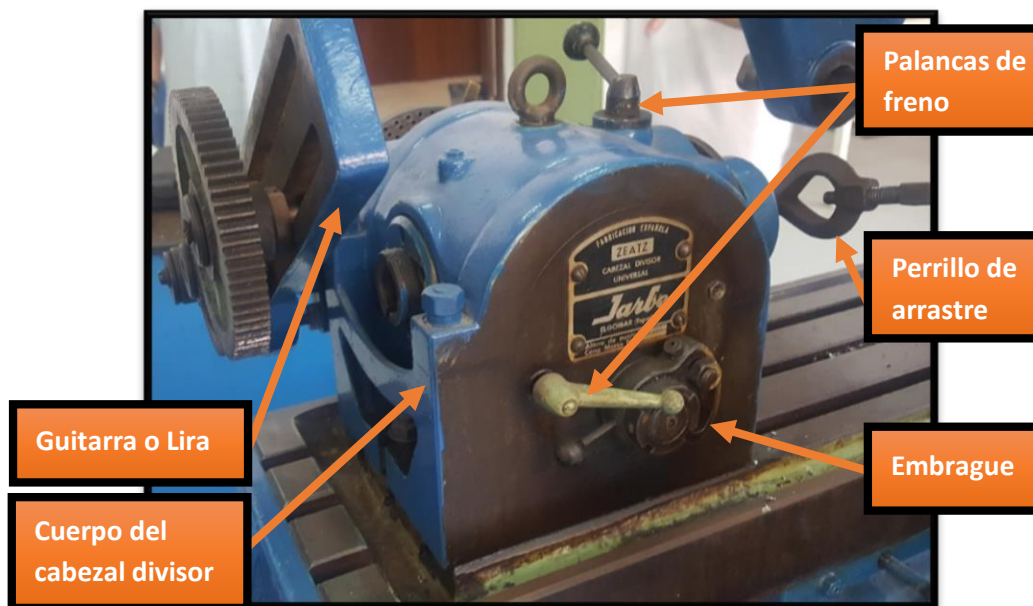


Ilustración N° 84. Cabezal divisor universal Zeatz.

Fuente: Trabajo de campo.

ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN DIDÁCTICA

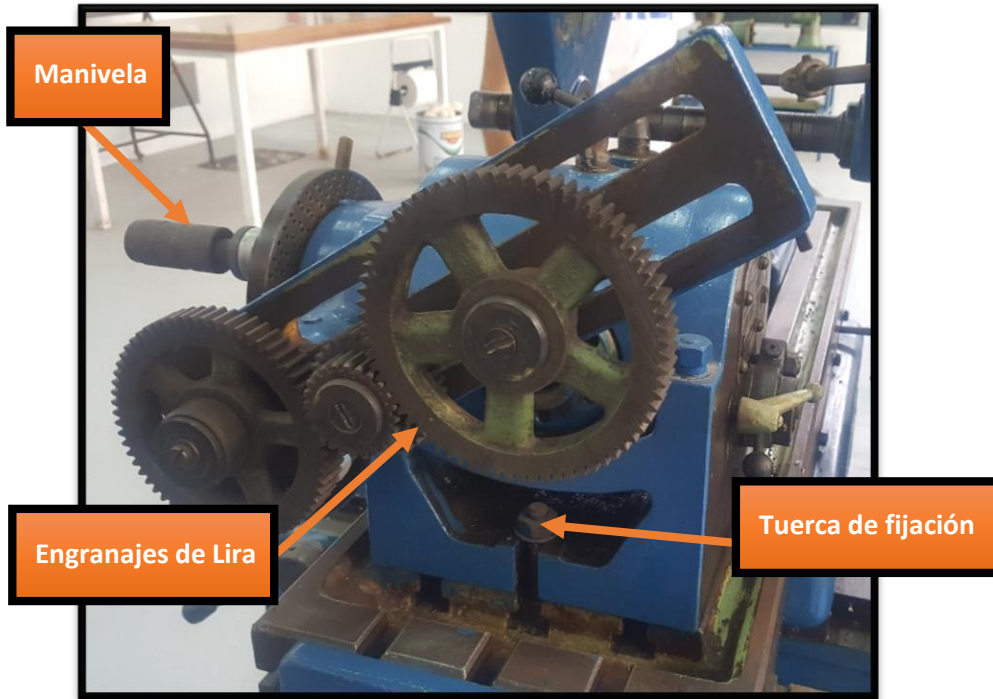


Ilustración N° 85. Lira Zeetz.

Fuente: Trabajo de campo.

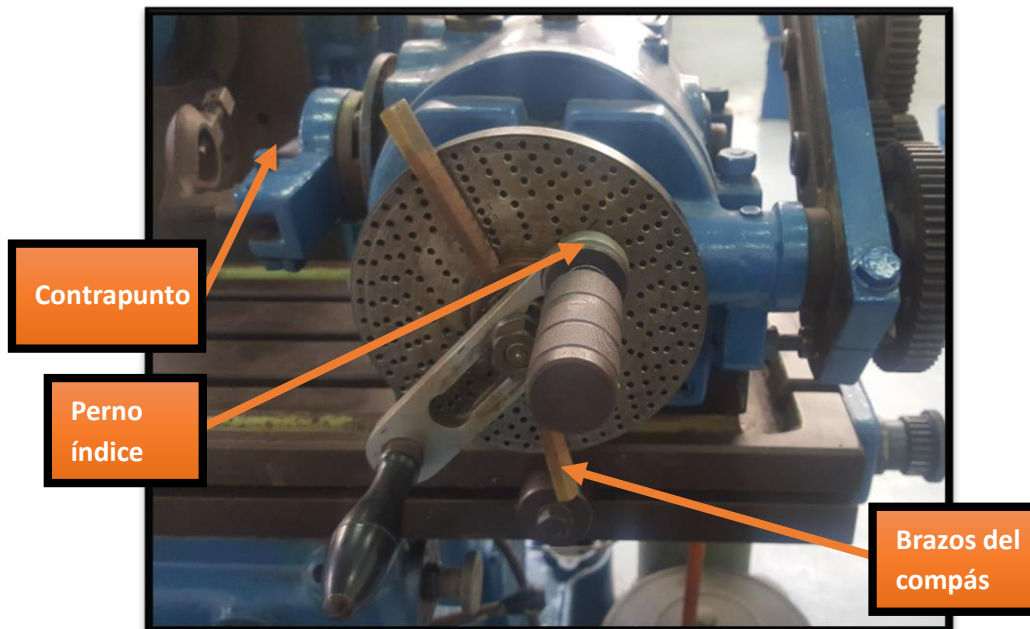


Ilustración N° 86. Plato divisor Zeetz.

Fuente: Trabajo de campo.

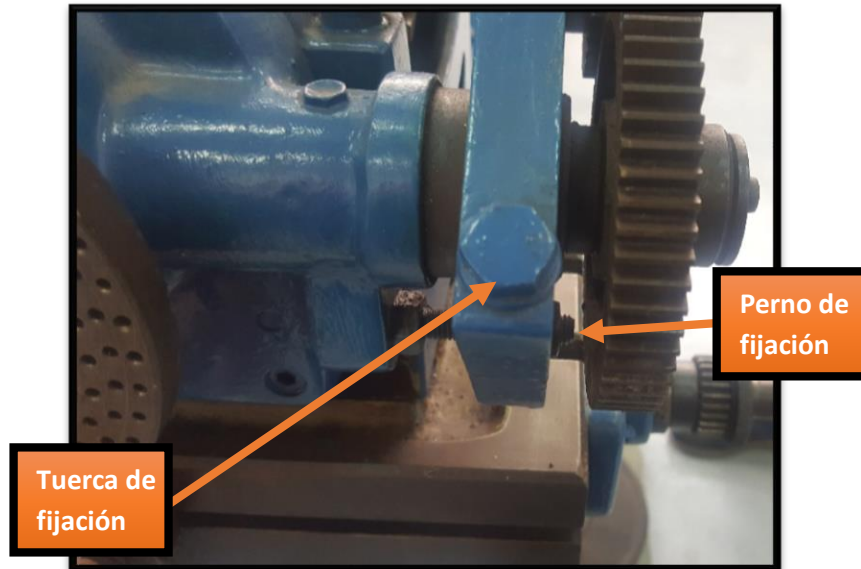


Ilustración N° 87. Perno y tuerca de fijación.

Fuente: Trabajo de campo.

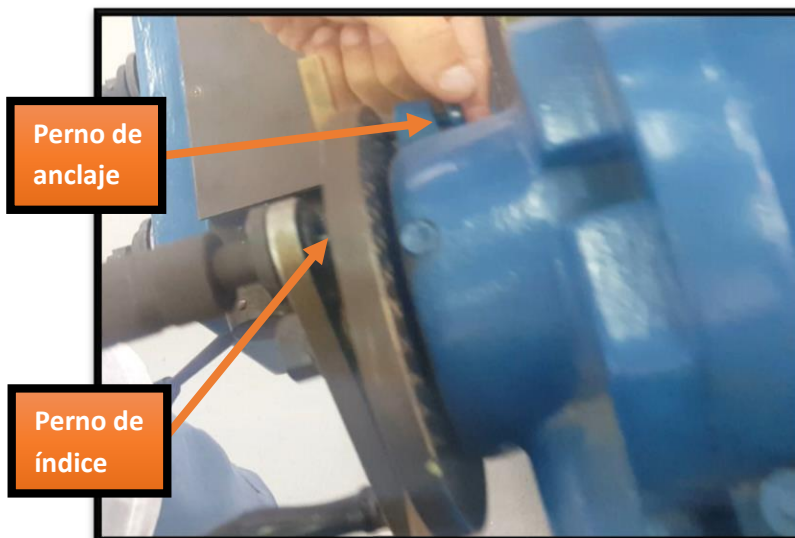


Ilustración N° 88. Perno anclaje del plato divisor.

Fuente: Trabajo de campo.

### 5.5.2. PROCEDIMIENTO

En primer lugar, se coloca el cabezal divisor en las guías del carro longitudinal porta – mesas, mediante unas tuercas de apriete (ilustración N°85).

A continuación vamos a ver los pasos que hay que seguir para poner a punto un cabezal divisor universal:

- El cabezal divisor se sitúa en las guías que están en el carro longitudinal porta – mesas.
- Con las tuercas de fijación se asegura el cabezal divisor al carro longitudinal porta – mesas de la fresadora. Hay una a cada extremo del cuerpo del cabezal, con lo cual hay que asegurarse de aferrar el cabezal divisor bien al carro longitudinal porta – mesas.
- Para mover la Lira / guitarra se ha de aflojar tanto el perno de fijación como la tuerca de fijación situada en ésta.
- Se introducen los engranajes calculados previamente, como en el apartado 5.1.4.
- El embrague [73], tiene dos posiciones: la primera, la de la ilustración N°84, que corresponde a la posición embragada con el tornillo sin fin: la segunda, completamente opuesta, sin embragar.
- Con el perrillo de arrastre y el contrapunto se tiene una sujeción de la pieza, para que este no gire por si misma, sino que esté firme en el momento de ejecutar la operación de fresado (solidaria al movimiento del plato).
- Antes de proceder con la elaboración de la pieza deseada, se tiene en cuenta el perno de anclaje, el cual se fija en el caso de ejecutar un fresado helicoidal, ya que el carro longitudinal porta – mesas se mueve a la par que el husillo porta – fresas [74].

En el caso de ejecutar un engranaje de dientes rectos hay que aflojar o desalojar el perno de anclaje, para que podamos realizar las divisiones sin que interfiera el carro longitudinal porta – mesas.

## **5.6. EJEMPLOS DE TRABAJO DE FRESADO EN UN TALLER DE MECANIZADO**

En este apartado veremos diversos ejemplos, muy simples, de engranajes realizados en un taller de mecanizado – Taller Enrique Martín S.L.

En este caso, tenemos un eje compuesto de cuatro engranajes, del mismo diámetro, el cual, por comodidad y rapidez se mecanizan todos juntos. La idea es separar posteriormente cada engranaje. Los engranajes de dientes rectos se componen de Teflón.



ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN DIDÁCTICA

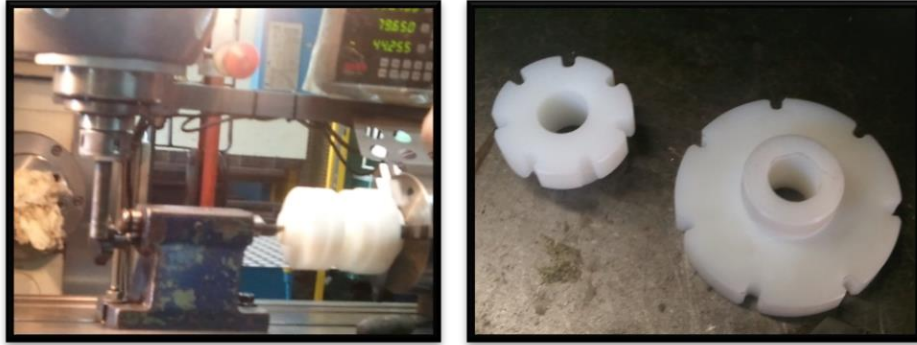


Ilustración N° 89. Engranajes rectos en serie de Teflón.

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía propia

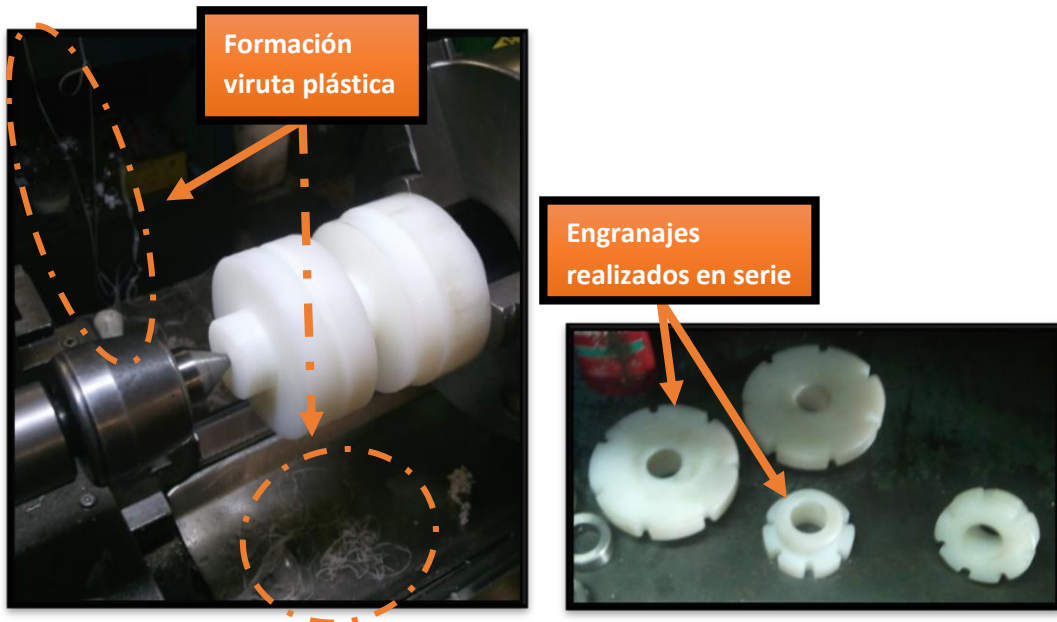


Ilustración N° 90. Formación de viruta plástica. Teflón

Fuente: Trabajo de campo. Fotografía propia

## 5.7. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE REALIZAR MECANIZADOS EN PLÁSTICOS CON DISTINTAS M – H.

En este apartado veremos las diferentes ventajas e inconvenientes que presentan los materiales plásticos, al igual que el procedimiento utilizado:

Para comenzar, destacar que la ventaja principal, por la que se guía este TFG es la idea de realizar prácticas con materiales blandos y menos peligrosos para el personal que desea llevar a cabo una formación académica.

Los riesgos que se dan en un taller de mecanizado, incluso cuando hay un supervisor / profesor que intenta guiar al alumnado para realizar los procedimientos de mecanizados con éxito, son potencialmente altos. Por ello, y con la ayuda de un enseñante con experiencia, opino que se pueda realizar prácticas en diversos talleres con la ayuda de materiales prácticos, que a su vez aumenta la experiencia del alumnado por su bajo costo.

A continuación vamos a comentar los puntos positivos de realizar mecanizados con materiales plásticos:

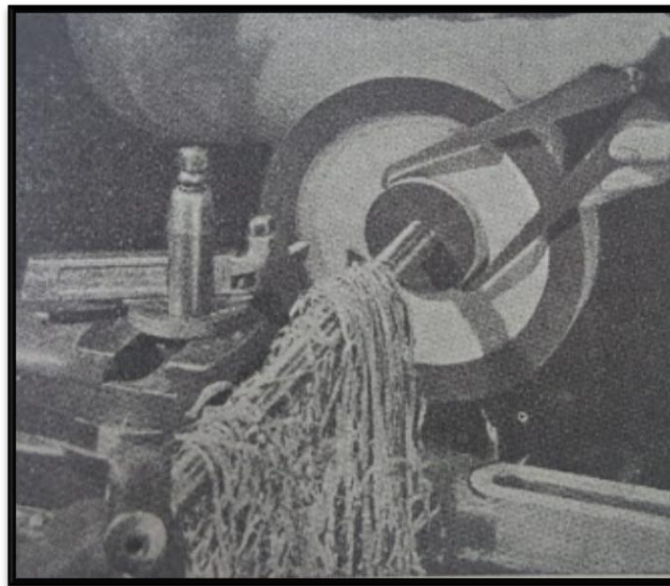
- Menor riesgo. Al realizar un mecanizado, por ejemplo con la fresa, se reducen las posibilidades de rotura, ya que, los materiales plásticos presentan una menor dureza. La utilización de los EPIS es siempre fundamental, pero el alumno obtendrá una mayor seguridad.
- El bajo costo de estos materiales plásticos, sobre todo el PE (polietileno), frente a los aceros convencionales, generan una ventaja en el alumnado, dando lugar a una mayor experiencia y por consiguiente, mayor destresa de éste.
- Cuando queremos realizar un engranaje o un elemento para una determinada tarea, siempre se puede crear y diseñar primero en plástico, lo que favorece al trabajador al poder realizar pruebas a bajo costo.

Una consideración muy importante en este TFG es que, la idea de trabajar en plásticos, no resulta de crear elementos resistentes, ni con mejores condiciones que elementos de acero convencional para un trabajo determinado. La idea radica en dar un enfoque didáctico, que pretende ser un esbozo inicial del aprendizaje de todo aquel demandante de una formación profesional.

La idea principal de trabajar tanto con PTFE como con PE ha sido la facilidad de adquisición de éstos. Debido al bajo costo o a la disponibilidad del material en el taller de mecanizado.

Las medidas a tener en cuenta cuando trabajamos con materiales plásticos son las siguientes:

- Las virutas plásticas se generan con una longitud bastante amplia y poca densidad. Por lo que los riesgos de que puedan rebasar a otra M – H si está relativamente cerca, son potencialmente altos – esto se da debido a lo liviana que es la viruta, que resulta como se volara desde que se produce el corte de ésta –. Se tendrá que tener en consideración al empezar a mecanizar.



*Ilustración N° 91. Viruta plástica.*

*Fuente [75]*

- Con respecto al Nylon, es un material muy fuerte, y se enrolla con bastante facilidad. Se ha de tener especial consideración a la hora de intentar limpiar o eliminar las virutas, puesto que tienen cierta dureza y al manipularlas pueden llegar a cortar. Es recomendable el uso de útiles y EPIs para esta tarea.

- Especial atención a la formación de las virutas que son depositadas en las diferentes M – H, ya que tienden a taponar los conductos de lubricación.
  - En la M – H tipo tronzadora, las virutas generadas tienen pequeñas dimensiones, por lo que se adentran en los conductos de lubricación, pasando por el filtro. Una vez llegada a la bomba de lubricación son transportadas con el lubricante por los propios conductos. A medida que se van generando más virutas, se forma una bola de éstas, y ocasionan obstrucciones constantes.
  - La fresadora posee un decantador que hace que el lubricante se traslade de un compartimento a otro con el fin de ir dejando la viruta atrás. Otra medida de esta M – H es situar la bomba de lubricación por encima del tanque, dificultando así la entrada de viruta a la misma.
  - En los tornos se puede poner un tamiz que disminuya la cantidad de virutas que pasan a través de él.
  - Una aplicación directa puede ser el recoger las virutas plásticas con una aspiradora, a medida que se ejecuta el mecanizado.
- Las herramientas de corte en los mecanizados en plástico tiene varios aspectos a tener en cuenta:
  - En el caso de los buriles o las herramientas de corte del torno, se procura que sean planas.
  - En las fresas tipo bailarinas se pretende que sean nuevas, o estén bien afiladas, ya que el desgaste de la cuchilla de corte ocasiona rebabas y superficies rugosas en las piezas.
- En cuanto a la colocación del material en el plato de agarre (ya sea torno, o cualquier M – H que dote a la pieza de giro, se tiene:
  - Los plásticos tienen propiedades resbaladizas, lo que influye la mala mecanización de los mismos. Cuando queremos fijar un elemento de plástico a un plato de agarre, de un torno por ejemplo, debemos de cerciorarnos que la pieza esté bien sujeta (cuanto mayor apriete puede provocar muescas en el material). La menor dureza de estos materiales hace que se piense que la

pieza está fija al plato de agarre y, con las tensiones que se generan, por la deformación del material al sujetarlo a la M – H, se puede resbalar de la mordaza y afectar a la seguridad del alumno / operario, ya que se desprenderá a gran velocidad (según la velocidad del torno). La recomendación más habitual es agarrar el material con una cota más amplia para impedir que se produzca este acontecimiento.

- El Teflón adquiere una mayor propensión a resbalarse que el PE [76].

Se podría considerar que los plásticos, en sus procesos de mecanizado, objeto de este TFG, tienen unas características distintas a los aceros u otros materiales metálicos. Tanto en su elaboración, como en los riesgos asociados a los mismos [77].

Para dar un enfoque a las ventajas e inconvenientes de los dos materiales mecanizados en este capítulo, podemos diferenciar:

- El engranaje helicoidal de polietileno presenta una facilidad de mecanizado frente al engranaje de Teflón. Este último material, una vez que finalizamos el proceso de mecanizado, presentaba unas rebabas con una determinada complejidad de escariar. A su vez, mientras se va mecanizando, la viruta plástica se queda fundida en el propio Teflón.
- El polietileno tiene un precio de coste mucho menor que el Teflón, lo que rentabiliza su mecanizado.
- El proceso de fabricación utilizando la fresadora universal es más versátil, puesto que puedes realizar una gran variedad de elementos, y posibilita el uso de todas sus variantes para mecanizar diferentes formas.
- El torno presenta una gran ventaja en cuanto a su accesibilidad, por su menor costo.
- El proceso de fabricación de piñones/engranajes de dientes rectos en el torno puede ser una posible solución cuando no hay otro medio.



## **VI. CONCLUSIONES**





## VI. CONCLUSIONES

En este apartado dispondremos que, gracias a la finalización de este Trabajo de Fin de Grado, hemos podido desarrollar con éxito el estudio de la materia, llegando a una serie de conclusiones, detalladas a continuación:

- ✓ Hemos logrado conocer las características y el funcionamiento de las máquinas – herramientas utilizadas en los procesos de fabricación, que abarcan una gran utilidad en la época actual, a la hora de su aprendizaje.
- ✓ Hemos recurrido al aprendizaje práctico de las partes que componen las diferentes máquinas – herramientas, así como de los accesorios o útiles necesarios para el correcto uso.
- ✓ Hemos elaborado distintas piezas en diferentes talleres de mecanizado, obteniendo una experiencia en cuanto a diferentes fresadoras y tornos, pudiendo ver los principios básicos de cada mecanizado, como la fabricación de chaveteros, engranajes rectos y helicoidales.
- ✓ Hemos estudiado y analizado el mecanizado con elementos plásticos a la hora de realizar prácticas didácticas, disminuyendo el riesgo de utilización, así como el incremento en el aprendizaje de las mismas.
- ✓ Hemos comprendido lo importante que es conocer y saber actuar teniendo la posibilidad de usar estas máquinas – herramientas, con sus ventajas, incluso cuando se nos dé el caso de realizar un engranaje o piñón.

*ETAPAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN MECÁNICA DE ELEMENTOS EN PLÁSTICO Y SU APLICACIÓN  
DIDÁCTICA*

## **VII. BIBLIOGRAFÍA**



## VII. BIBLIOGRAFÍA

En este último capítulo del Trabajo de Fin de Grado, que es, la bibliografía, dispondremos las referencias bibliográficas utilizadas, tanto libros, como vídeos, páginas web, artículos relacionados, etc., de diversos autores relacionados con el tema de este TFG.

- [1] <http://encuentro.gob.ar/programas/serie/8544/6216>
- [2] <https://www.arqhys.com/construccion/paleolitico-herramientas.html>
- [3] <http://pladelafont.blogspot.com/2012/09/tecnicas-de-talla.html>
- [4] <https://historiaybiografias.com/prehistoria/>
- [5] <https://www.vix.com/es/btg/curiosidades/4517/importancia-del-fuego-en-la-evolucion-humana-cambios-del-cerebro-ii>
- [6] <https://www.reuters.com/article/us-science-fire/humans-made-fire-790000-years-ago-study-idUSTRE49P23S20081026>
- [7] [https://historiaybiografias.com/paleolitico\\_neolitico/](https://historiaybiografias.com/paleolitico_neolitico/)
- [8] <https://www.geniolandia.com/13136649/lista-de-herramientas-del-periodo-neolitico>
- [9] [https://es.marenostrium.info/index.php?title=La\\_Edad\\_del\\_Cobre\\_o\\_Calcol%C3%ADtico](https://es.marenostrium.info/index.php?title=La_Edad_del_Cobre_o_Calcol%C3%ADtico)
- [10] <http://caracteristicas.org/edad-metales/>
- [11] <http://arqueoblog.com/las-tres-edades/>
- [12] <https://www.edukativos.com/apuntes/archives/209>
- [13] <https://historiadelarteen.com/2012/02/23/48/>
- [14] <https://es.slideshare.net/manuelamz/epocas-de-las-maquinas-y-herramientas>
- [15] <https://www.quieninvento.org/quien-invento-la-rueda/>
- [16] <https://recuerdosdepondora.com/historia/inventos/la-invencion-de-la-rueda/>
- [17] <http://mecanicadesimon.blogspot.com/2010/02/historia-de-torno-y-taladro.html>
- [18] [http://newtec-contabilidadyfinanzas-sena.blogspot.com/2008/11/el-torno\\_13.html](http://newtec-contabilidadyfinanzas-sena.blogspot.com/2008/11/el-torno_13.html)
- [19] <http://laaventuradelaciencia.blogspot.com/2012/02/denis-papin-el-inventor-de-la-olla.html>
- [20] <https://www.muyhistoria.es/curiosidades/preguntas-respuestas/quien-invento-la-maquina-de-vapor-581523355689>
- [21] <http://tittozamora.blogspot.com/2012/10/historia-del-torno-decimo.html>
- [22] Libro: Tecnología mecánica y metrotecnia. Pedro Coca Rebollero – Juan Rosique Jiménez. Paraninfo.

- [23] <https://www.slideshare.net/juanjoserodriguezdiaz/mquinas-fresadoras-y-roscas>
- [24] <http://www.rtve.es/noticias/20120203/eli-whitney-impulsor-del-sistema-fabricacion-serie-estados-unidos/495318.shtml>
- [25] <https://autocity.com/reportajes/quien-fue-ransom-e-olds>
- [26] [https://www.seas.es/blog/disenio\\_mecanico/la-historia-de-la-herramienta-de-corte/](https://www.seas.es/blog/disenio_mecanico/la-historia-de-la-herramienta-de-corte/)
- [27] <http://www.industriasyempresas.com.ar/node/2088>
- [28] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/11/fibra-de-carbono.html>
- [29] <https://www.investigacionyciencia.es/revistas/temas/ fisica-y-aplicaciones-del-lser-507/los-orgenes-del-lser-463>
- [30] <https://sites.google.com/site/mcef9m/tipos-de-maquinas-que-se-utilizan>
- [31] [http://www.abratools.es/sierra\\_de\\_cinta\\_bf\\_270\\_sc\\_m\\_bajada\\_manual\\_y\\_controlada](http://www.abratools.es/sierra_de_cinta_bf_270_sc_m_bajada_manual_y_controlada)
- [32] [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an\\_2015062513\\_9132307/117la\\_sierra\\_mecnica.html](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an_2015062513_9132307/117la_sierra_mecnica.html)
- [33] <https://www.pegamo.es/es/maquinaria-especial/productos/corte-y-taladrado/sierras/sierras-alternativas/>
- [34] <http://mecanicainces.blogspot.com/2016/06/esmeril-y-muelas-de-esmeril-abrasivas.html>
- [35] <http://cifpaviles.webcindario.com/abrasion.pdf>
- [36] <http://www.mndelgolfo.com/tip/que-es-una-esmeriladora-angular/>
- [37] <http://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/esmeriladora-partes-tipos-y-usos>
- [38] [https://www.coagrip.com/familias/subfamilias/herramientas-y-acc.-profesional-electro/\\$esmeriladora-11-0505?pagina=1](https://www.coagrip.com/familias/subfamilias/herramientas-y-acc.-profesional-electro/$esmeriladora-11-0505?pagina=1)
- [39] [http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an\\_2015062513\\_9132307/115la\\_mortajadora.html](http://agrega.juntadeandalucia.es/repositorio/25062015/5e/es-an_2015062513_9132307/115la_mortajadora.html)
- [40] <https://arukasi.wordpress.com/2011/09/07/principales-movimientos-del-torno/>
- [41] Informe: Descriptiva de la práctica proceso de fabricación mediante arranque de viruta. Torno. Federico Padrón Martín – Servando R. Luis León. Universidad de La Laguna.
- [42] <http://ut4practica2.blogspot.com/p/tarea-practica-2.html>
- [43] <http://www.epetrg.edu.ar/apuntes/principiosdetorneado.pdf>
- [44] <https://www.quiminet.com/articulos/el-torneado-y-los-diferentes-tipos-de-tornos-14038.htm>
- [45] [http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1160375#Cadena\\_cinem.C3.A1tica](http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/1160375#Cadena_cinem.C3.A1tica)

- [46] <https://es.slideshare.net/djorge183/tornoparalelo>
- [47] <https://es.slideshare.net/marioarceruiz/torno-32060182>
- [48] Informe: “Proceso de fabricación arranque de viruta. Torno”. Parte II. Proceso de fabricación mediante fresado. Federico Padrón Martín – Servando R. Luis León. Universidad de La Laguna.
- [49] <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/herramientas-de-corte-para-torno-tipos-y-usos>
- [50] <http://www.taurustools.com.co/2016/05/como-escoger-el-inserto-de-torneado.html>
- [51] <https://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/insertos-para-torno-clasificacion-iso-y-aplicaciones>
- [52] [https://issuu.com/iscariberica/docs/condiciones\\_corte](https://issuu.com/iscariberica/docs/condiciones_corte)
- [53] <http://tecnologiamecanica.blogspot.com/2013/06/mecanica.html>
- [54] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/mecanizado-de-plasticos.html?m=1>
- [55] Libro: Manual de plásticos. Saechtling – Zebrowski. Ed. Reverté, S.A.
- [56] Informe: Proceso de fabricación mediante fresado. Federico Padrón Martín – Servando R. Luis León. Universidad de La Laguna.
- [57] <https://pyrosisproyect.wordpress.com/category/fresadora/>
- [58] <http://www.marinoberry.com/embriquetado-de-virutas-metalicas>
- [59] Libro: El corte en el torneado y fresado de los metales. J. María Pedrós y J. Celades Roger. Labor S.A.
- [60] Libro: A.L. Casillas, Cálculos de taller.
- [61] <http://www.gnccaldereria.es/tipos-fresadoras-existen/>
- [62] Libro: El torno y la fresadora. Robert Nadreau. Gustavo Gili, S.A.
- [63] <http://www.solutionsmachinesoutils.com/es/product/gambin-3m/>
- [64] <http://www.demaquinasyherramientas.com/mecanizado/fresas-tipos-y-usos>
- [65] <https://www.sandvik.coromant.com/es-es/knowledge/milling/pages/up-milling-vs-down-milling.aspx>
- [66] Libro: Manual del fresador. F.A. Barbashov. Mir.
- [67] [https://www.ecured.cu/Cabecal\\_divisor\\_de\\_una\\_fresadora](https://www.ecured.cu/Cabecal_divisor_de_una_fresadora)
- [68] [http://www.asifunciona.com/quimica/af\\_teflon/af\\_teflon\\_5.htm](http://www.asifunciona.com/quimica/af_teflon/af_teflon_5.htm)
- [69] <http://www.polifluor.com/es/productos-destacados-polifluor/ptfe-teflon/juntas-de-ptfe>
- [70] <http://www.inoxidable.com/propiedades1.htm>

- [71] Libro: Fabricación por arranque de viruta. Simón Millán Gómez. Paraninfo
- [72] TFG: “Estudio de la máquina herramienta fresadora y procedimiento en operación de mecanizado”. Cristian Rodríguez Acosta. Director: Federico Padrón Martín.
- [73] <http://www.neme-s.org/Shaper%20Books/Zeatz%20SL%20Dividing%20Head.pdf>
- [74] Catálogo. Instrucciones para el manejo de la máquina modelo CM-60. Jarbe. Arana y Uribe S.A.
- [75] Libro: “Mecanización sin virutas. Producción de piezas mecánicas por cambio de forma del material”. J HIBOUT – M. Roger – G. Florez Anton. Ediciones TEA, S.A.
- [76] Explicación por Álex Arvelo Cruz – Servicio de Mantenimiento ULL.
- [77] TFG: “Actividades mecánicas realizadas en una M – H”. Jesús Manuel González García. Director: Federico Padrón Martín.