



Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Tecnología
Unidad Valle de las Palmas

MANUFACTURA DE UN ENGRANE RECTO CON MAQUINAS CONVENCIONALES

Tesis presentada en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y
Tecnología para obtener el título de Ingeniero Mecánico

presenta

Rojo Ramírez Blas David

Director de tesis

Alberto Delgado Hernandez

Sinodales

Benjamin Gonzalez Vizcarra

Miriam Siqueiros Hernandez

Miguel Angel Avila Puc

Jose Navarro Torres

Marzo2024

Agradecimientos y dedicatoria

Agradezco a mis profesores que me dieron las herramientas para poder crear esta tesis. Al profesor Benjamín González Vizcarra por enseñarme de los materiales y manufacturas, por ser el primero en confiar en mi para poder realizar esta tesis.

Al profesor Miguel Ángel Ávila Puc José que me ayudo a poder maquinar el engrane de forma correcta y me abrió las puertas para poder trabajar en el taller de la escuela.

Al profesor José Navarro Torre por enseñarme acerca de los cálculos de los engranes

Al profesor Albero Delgado Hernández por haberme explicado a detalle y llevar conmigo el seguimiento de la tesis por darme la mano en todo lo que ocupaba para la realización del engrane.

A mi jefe del trabajo Martin Quiroz salgado que me facilito algunas herramientas necesarias para poder maquinar el engrane.

Esta tesis está dedicada a a mi madre María del Pilar Ramírez de Jesús y a mi padre Rojo Ramírez Rey David a toda mi familia A todos mis maestros que estuvieron presentes en toda esta etapa.

“La dirección en la que comienza la educación de un hombre determinara su vida futura”

Platón

Índice general

1.	11
1.1. Justificación	11
1.2. Objetivos	11
1.2.1. Objetivos específicos	11
1.3. Hipótesis	12
2.	13
2.1. Antecedentes	13
2.2. Línea del tiempo	14
2.3. Consideraciones de diseño	15
2.4. Conceptos básicos	15
2.5. Herramientas computacionales (software)	17
2.6. Maquinas-Herramientas	17
2.6.1. Sierra de cinta	18
2.6.2. Torno paralelo	19
2.6.3. Montaje en torno paralelo	21
2.6.4. Movimientos de trabajo	21
2.6.5. Tipos de mecanizado	22
2.6.6. Factores de corte	24
2.6.7. Herramientas en torno	25
2.6.8. Fresadora	27
2.6.9. Elementos de fijación	29
2.6.10. Herramientas en fresadora	30
2.6.11. Metrología	31
2.6.12. Velocidades de corte	33
2.7. Diseño y proceso de manufactura	35
3. Metodología	37
3.1. Plano de la pieza	37
3.1.1. Análisis del plano	37
3.2. Manufactura	38

3.2.1. Corte de material	38
3.2.2. Operaciones en torno convencional	39
3.2.3. Operaciones de maquinado en fresadora convencional	43
4. Resultados	51
5. Conclusiones	53

Índice de figuras

2.1. Nombre de las partes de un engrane recto.	16
2.2. Software de diseño SW.	17
2.3. Sierra cinta.	19
2.4. Elemento sujetador de tres mordazas.	20
2.5. Contra punto.	20
2.6. Movimientos de corte.	22
2.7. Desbaste frontal.	23
2.8. Desbaste lateral	23
2.9. Factores de corte en torno	24
2.10. Operación de barrenado	25
2.11. Broca	26
2.12. Broca de centros	26
2.13. Partes de buril	27
2.14. Partes de una fresadora	29
2.15. Prensa colocada en la fresadora	30
2.16. Cortadores de diferentes formas	31
2.17. Calibrador Vernier	33
2.18. Etapas de manufactura del prototipo	36
3.1. Plano del engrane	37
3.2. Operaciones de maquinado	38
3.3. Operaciones de maquinado	39
3.4. Operación de careo de la pieza	40
3.5. Operación de desbaste de la pieza	41
3.6. Corte de pieza semi-terminada	42
3.7. Maquinado de la parte posterior de la pieza	42
3.8. Colocación de cabezal divisor en fresadora	43
3.9. Alineación de cabezal divisor	44
3.10. Ubicación de tornillos de 7/8" que sujetan la base del cabezal	44
3.11. Fresadora circular con eje adaptador.	45

3.12. Montaje de pieza en cabezal divisor.	45
3.13. Aceite para corte.	46
3.14. Plato divisor	46
3.15. Primer desbaste de material	47
3.16. Realización de cortes de 30 milésimas.	47
3.17. Giro del plato divisor.	48
3.18. Profundidades específicas de corte.	49
3.19. Pieza con adaptador.	49
3.20. Cortador y pieza con adaptador.	50
4.1. Engrane recto terminado.	51

Indice de tablas

- 2.1. Línea del tiempo. 14
- 2.2. Consideraciones de diseño 15
- 2.3. Unidades básicas 32
- 2.4. Velocidades para maquinado en torno 34
- 2.5. Avances para diversos materiales con el uso de herramienta para alta velocidad 34

Introducción

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse orci sem, ullamcorper fermentum lectus ac, dapibus sodales dolor. Sed non lacus eros. Aliquam erat felis, euismod id leo vitae, condimentum cursus lacus. Mauris mollis malesuada libero eget tempor. Maecenas id tellus erat. Quisque tincidunt molestie malesuada. Proin dignissim cursus nisl at vulputate. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Suspendisse orci sem, ullamcorper fermentum lectus ac, dapibus sodales dolor. Sed non lacus eros. Aliquam erat felis, euismod id leo vitae, condimentum cursus lacus. Mauris mollis malesuada libero eget tempor. Maecenas id tellus erat. Quisque tincidunt molestie malesuada. Proin dignissim cursus nisl at vulputate.

En la Figura hjsadhjbd J/s W/m^2K atm 3M

100 Pa 1×10^{-6} m

Capítulo 1

1.1. Justificación

En la ingeniería mecánica se necesita diversos elementos mecánicos que puedan transmitir movimiento y fuerza, para la realización de diversos trabajos en la maquinaria industrial. Uno de los elementos más importantes y mayormente utilizados es el engrane recto, cuya manufactura requiere de aplicar las habilidades y destrezas en el manejo de máquinas y herramientas convencionales y además de instrumentos de medición dimensional. Este trabajo de investigación propone una metodología para la fabricación de un engrane recto empleando los equipos e infraestructura de los talleres de máquinas herramientas de la FCITEC. Esta investigación tiene como finalidad servir como guía para desarrollar procesos de manufactura de partes mecánicas, que son utilizadas en el área de ingeniería. Los engranes con el tiempo sufren desgaste debido a una mala lubricación y/o esfuerzos a los que son sometidos, esto hace que su modo de transmisión se deteriore hasta llegar a dejar de funcionar, para ello es necesario fabricarlos nuevamente, y una forma es hacerlos sin la ayuda de una maquina CNC. En este caso se puede utilizar la fresa y el torno convencional de una manera óptima además de un indexador. La tesis expuesta nos da una forma de resolver una problemática para la manufactura de un engrane recto, estableciendo los pasos a seguir para su realización.

1.2. Objetivos

Objetivo general:

Manufacturar un engrane recto de 24 dientes utilizando maquinas convencionales.

1.2.1. Objetivos específicos

- Proponer un diseño para el engrane.
- Diseñar un modelo virtual simulado en SolidWorks.
- Seleccionar materiales para su elaboración.
- Seleccionar Procesos de manufactura acorde con el modelo diseñado.
- Desarrollo de prototipo.

1.3. Hipótesis

Con los conocimientos, habilidades, y destrezas desarrollados por el alumno de ingeniería mecánica durante su formación académica, le permiten manufacturar un engrane recto, mediante el empleo de máquinas herramientas convencionales.

Capítulo 2

2.1. Antecedentes

El mecanismo de engranajes más antiguo fueron fabricados en madera para solucionar los problemas de movimientos rectos disponemos es el mecanismo de Antikythera.² Se trata de una calculadora astronómica datada entre el 150 y el 100 a. C. y compuesta por al menos 30 engranajes de bronce con dientes triangulares. Presenta características tecnológicas avanzadas como por ejemplo trenes de engranajes epicicloides que, hasta el descubrimiento de este mecanismo, se creían inventados en el siglo XIX. Por citas de Cicerón se sabe que el de Anticitera no fue un ejemplo aislado sino que existieron al menos otros dos mecanismos similares en esa época, construidos por Arquímedes y por Posidonia. Por otro lado, a Arquímedes se le suele considerar uno de los inventores de los engranajes porque diseñó un tornillo sin fin.

En China también se han conservado ejemplos muy antiguos de máquinas con engranajes. Un ejemplo es el llamado çarro que apunta hacia el Sur" (120-250 d. C.), un ingenioso mecanismo que mantenía el brazo de una figura humana apuntando siempre hacia el Sur gracias al uso de engranajes diferenciales epicicloides. Algo anteriores, de en torno a 50 d. C., son los engranajes helicoidales tallados en madera y hallados en una tumba real en la ciudad china de Shensi.

No está claro cómo se transmitió la tecnología de los engranajes en los siglos siguientes. Es posible que el conocimiento de la época del mecanismo de Anticitera sobreviviese y contribuyese al florecimiento de la ciencia y la tecnología en el mundo islámico de los siglos IX al XIII. Por ejemplo, un manuscrito andalusí del siglo XI menciona por vez primera el uso en relojes mecánicos tanto de engranajes epicíclicos como de engranajes segmentados. Los trabajos islámicos sobre astronomía y mecánica pueden haber sido la base que permitió que volvieran a fabricarse calculadoras astronómicas en la Edad Moderna. En los inicios del Renacimiento esta tecnología se utilizó en Europa para el desarrollo de sofisticados relojes, en la mayoría de los casos destinados a edificios públicos como catedrales.

2.2. Línea del tiempo

Año	Evento
1519	Leonardo da Vinci dejó numerosos dibujos y esquemas de algunos de los mecanismos utilizados hoy diariamente, incluido varios tipos de engranajes de tipo helicoidal.
1674	Los primeros datos que existen sobre la transmisión de rotación con velocidad angular uniforme por medio de engranajes, corresponden al año 1674, cuando el famoso astrónomo danés Olaf Roemer (1644-1710) propuso la forma o perfil del diente en epicicloide.
1707	Leonhard Euler la primera aplicación práctica del diente en evolvente
1856	Christian Schiele descubrió el sistema de fresado de engranajes rectos por medio de la fresa madre, pero el procedimiento no se llevaría a la práctica hasta 1887, a base de la patente Grant
1874	El norteamericano William Gleason inventó la primera fresadora de engranajes cónicos y gracias a la acción de sus hijos, especialmente su hija Kate Gleason (1865-1933), convirtió a su empresa Gleason Works, radicada en Rochester (Nueva York, EEUU) en una de los fabricantes de máquinas herramientas más importantes del mundo.
1897	El inventor alemán Robert Hermann Pfauter (1885-1914), inventó y patentó una máquina universal de dentar engranajes rectos y helicoidales por fresa madre. A raíz de este invento y otras muchos inventos y aplicaciones que realizó sobre el mecanizado de engranajes, fundó la empresa Pfauter Company que, con el paso del tiempo, se ha convertido en una multinacional fabricante de todo tipo de máquinas-herramientas.
1906	El ingeniero y empresario alemán Friedrich Wilhelm Lorenz (1842-1924) se especializó en crear maquinaria y equipos de mecanizado de engranajes y en 1906 fabricó una talladora de engranajes capaz de mecanizar los dientes de una rueda de 6 m de diámetro, módulo 100 y una longitud del dentado de 1,5 m.
XIX	coincidiendo con la época dorada del desarrollo de los engranajes, el inventor y fundador de la empresa Fellows Gear Shaper Company, Edwin R. Fellows (1846-1945), inventó un método revolucionario para mecanizar tornillos sin fin glóbcos tales como los que se montaban en las cajas de dirección de los vehículos antes de que fuesen hidráulicas.

Tabla 2.1: Línea del tiempo.

2.3. Consideraciones de diseño

Es muy importante tener en cuenta diversos factores a la hora de considerar la realización del producto, para ello influyen muchas acciones que debemos tener siempre presentes, como por ejemplo la geometría de nuestras herramientas de corte, en la tabla 2.2 mencionaremos algunas.

Tabla 2.2: Consideraciones de diseño

Maquiniabilidad	Tamaño	Manufacturabilidad
Vibración	Corrosión	Lubricación
Resistencia/esfuerzo	Control	Utilidad
Estilo	Seguridad	Comercialización
Distorsión/Deflexión/Rigidez	Propiedades térmicas	Costo
Forma	Confiabilidad	Volumen
Desgaste	Superficie	Mantenimiento
Fricción	Peso	Vida

2.4. Conceptos básicos

Un engranaje es un mecanismo utilizado para transmitir y transformar el movimiento rotacional. Es utilizado para realizar un cambio en la velocidad o para variar el par de salida de un dispositivo que se encuentra girando. Un ejemplo muy claro es la caja de velocidades de un auto, el cual permite variar la velocidad y el par de salida dependiendo de lo requerido con la potencia que dispone el motor del automóvil.

Cubo Es la parte céntrica del engranaje, por el cual el eje se fija.

Corona Refiere a la zona exterior del engranaje, en el cual se talla cada uno de los dientes que compone un engranaje.

Diente Se trata de la parte que llega a realiza el esfuerzo de empuje en un engranaje y a la vez llega a transferir la potencia desde los ejes motrices en dirección a los ejes conducidos.

Número de dientes Se refiere a la cantidad de dientes que posee el engranaje. Este se representa con la letra Z .

Cabeza del diente Se trata de la zona entre el diámetro primitivo y el diámetro exterior.

Espesor del diente Se refiere al grosor que tiene en el área de contacto del diente, en decir, el grosor del diámetro primitivo.

Largo del diente Consiste en la longitud que posee el diente.

Flanco Corresponde a la cara interior del diente. Aquí es donde se produce el rozamiento.

Pie del diente Se refiere a la parte del diente entre la circunferencia primitiva y la circunferencia interior.

Altura del diente Alude a la adición de la altura del pie más la altura de la cabeza del diente.

Circunferencia primitiva Se trata de la circunferencia por donde donde los dientes engranan.

Módulo Se refiere a la relación existente entre la medida del diámetro primitivo, el cual es representado en milímetros, y el número de dientes.

Diámetro interior Refiere al diámetro de la circunferencia próximo al pie del diente.

Diámetro exterior Corresponde al diámetro de la circunferencia próximo al área exterior del engranaje.

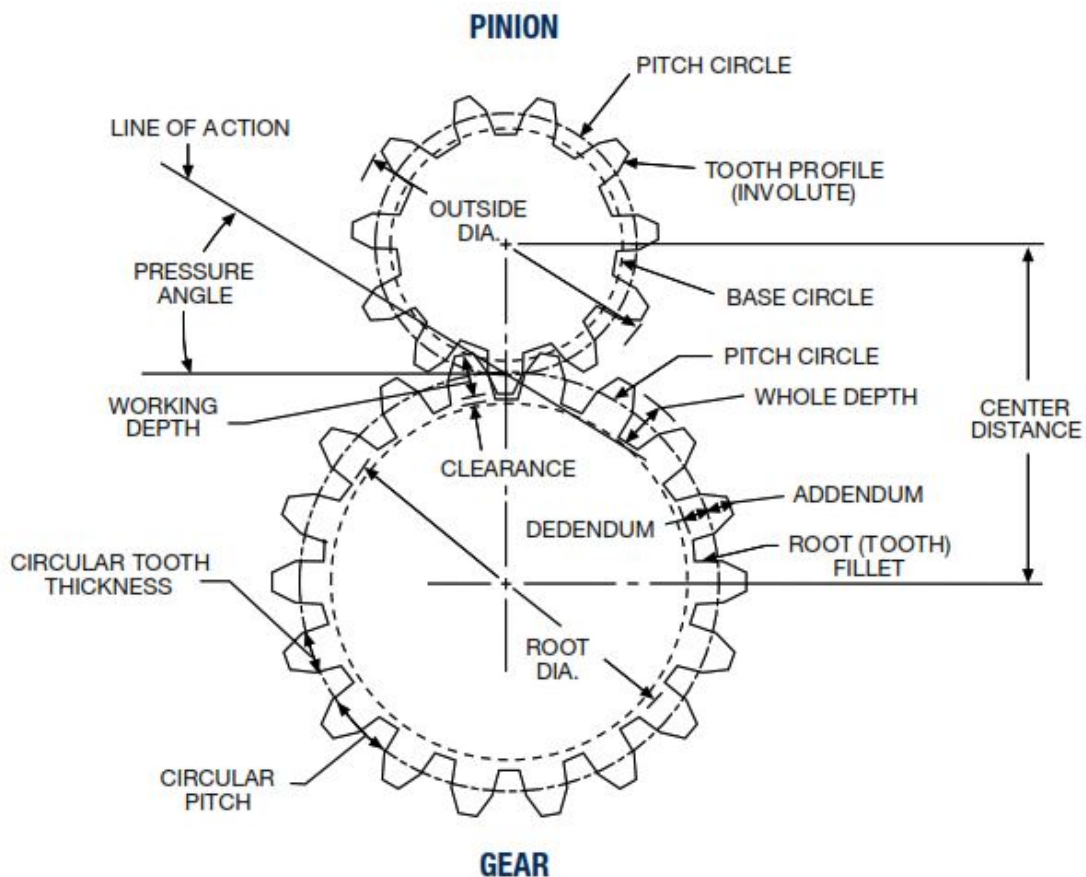


Figura 2.1: Nombre de las partes de un engrane recto.

2.5. Herramientas computacionales (software)

SolidWorks tiene soluciones para industrias de plásticos, lamina delgada, eléctrica, simulación y análisis por elementos finitos, el programa incluye un módulo inteligente de detección de errores de diseño y módulos para diseño sustentable . Como herramienta de diseño 3D es fácil de usar, acompaña al ingeniero mecánico y el diseñador industrial en su desempeño diario. Con Solidworks puedes diseñar piezas mecánicas en 3D, evaluar ensambles de varias piezas y producir dibujos de fabricación para el taller, además podrás manejar los datos de diseño en su sistema de administración PDM y llevar un control de las versiones de dibujos.

Al diseñar puedes evaluar el impacto ambiental del diseño, simular virtualmente las condiciones y análisis del diseño en situaciones reales y optimizar su desempeño. El programa está basado en un motor de modelado de contiene comandos de creación, edición de superficies complejas, además es asociativo entre los modelos 3D y sus dibujos. Sólidos y también.

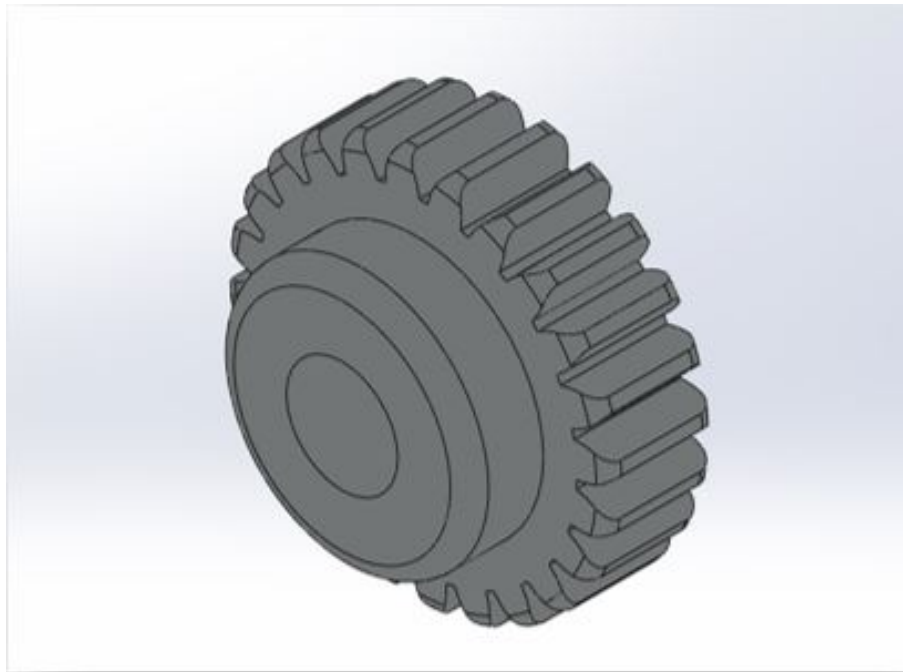


Figura 2.2: Software de diseño SW.

2.6. Maquinas-Herramientas

En las operaciones de mecanizado las herramientas de corte trabajan a elevadas temperaturas, sometidas a fricción y a importantes fuerzas. Por lo que es de esperar que la herramienta sea

tenaz, que mantenga la dureza en un rango amplio de temperatura, que resista al desgaste que impone la fricción y que no reaccione con el material de la pieza incluso a altas temperaturas. Por todo ello se ha de analizar su diseño minuciosamente en función de la aplicación para la que se vaya a usar. No solo su tamaño, las aristas de corte, el rompe virutas, sino también otros factores como son el material de la herramienta o del recubrimiento en el caso de una herramienta recubierta.

A lo largo de la historia se han ido analizando y poniendo en uso nuevos materiales, a la vez que las exigencias han ido aumentando. Principalmente, la evolución ha ido buscando aumentar las velocidades de corte minimizando el tiempo de corte por pieza y por tanto mejorando la producción. El camino que ha seguido la evolución ha sido la búsqueda de una herramienta que permita mecanizar mayor cantidad de material a lo largo de su vida útil, manteniendo un desgaste aceptable. A su vez, la evolución de la industria en las últimas décadas ha exigido la introducción de nuevos materiales en los procesos de mecanizado, los cuales exigen características especiales a las herramientas de corte, y por tanto nuevas investigaciones al respecto y el desarrollo de las innovaciones. A continuación vamos a situar cronológicamente la evolución de los materiales de herramientas, que es la mejor manera de entender el proceso de mejora que han experimentado. A la vez que expondremos las principales características de cada uno.

2.6.1. Sierra de cinta

Sierras de cinta para corte de metal ver figura 2.3: Son las que requieren de un refrigerante que vaya suministrándose constantemente sobre la hoja de sierra de cinta, manteniendo a la sierra a baja temperatura e impidiendo, a su vez, un sobrecalentamiento que causaría defectos en los cortes y acortaría el lapso de vida útil de la cuchilla. La falta de refrigeración también produce un corte más lento.



Figura 2.3: Sierra cinta.

2.6.2. Torno paralelo

Dentro de las piezas del torno necesitamos algunos accesorios para poderlo utilizar, estos son algunos de los que se usaron para este trabajo.

Platos universales. Los mismos sirven para sujetar la pieza durante el mecanizado, en la figura 2.4 se puede observar un plato de tres mordazas y los elementos que lo componen tuercas, tornillos, llave y mordazas. Los platos de tres mordazas se utilizan para piezas cilíndricas o con un número de caras laterales múltiplo de tres. Los mismos cierran o abren simultáneamente sus mordazas por medio de una llave de ajuste. Pueden tener un juego de mordazas invertidas, para piezas de diámetros grandes, y un juego de mordazas blandas, para materiales blandos o cuando no se quieren lastimar las piezas durante su agarre.



Figura 2.4: Elemento sujetador de tres mordazas.

Contra punto. Se emplea para sujetar los extremos libres de las piezas de longitud considerable. Los mismos pueden ser fijos en cuyo caso deben mantener su punta constantemente lubricada, o giratorios, los cuales no necesitan la lubricación, ya que cuentan en el interior de su cabeza con un juego de dos baleros que le permiten clavar y mantener fija su cola, mientras su punta gira a la misma velocidad de la pieza con la que está en contacto, ejemplo en la figura 2.5.



Figura 2.5: Contra punto.

2.6.3. Montaje en torno paralelo

Para realizar las remociones de material en el torno tenemos que considerar los siguientes puntos que se trataran a continuación.

Montaje en el aire. Cuando la pieza es de poca longitud como en la figura 22, de manera que no sobresale demasiado suspendida del extremo del husillo, y su peso no es considerable, utilizamos este montaje. En el mismo, la pieza se sujeta en uno solo de sus extremos, quedando el otro suspendido sobre la bancada para poder mecanizarla. Los dispositivos de amarre son el plato universal de tres mordazas, el plato de cuatro mordazas o la pinza de apriete.

Montaje entre plato y contrapunto. En el caso de piezas delgadas o de longitud considerable, no es recomendable que quede un extremo suspendido, por lo cual se emplea este montaje como lo muestra la figura 23. En este, un extremo queda tomado al plato, y el opuesto se apoya en un punto colocado en la contrapunta. Previamente, en la pieza se le efectúa una perforación especial efectuada por una mecha de centrar, que le realiza una cavidad cónica de 60° en la cual apoya el punto.

2.6.4. Movimientos de trabajo

De Avance. Generalmente paralelo al eje de la pieza, es quien define el perfil de revolución a mecanizar .

De Penetración. Perpendicular al anterior, es quien determina la sección o profundidad de viruta a extraer.

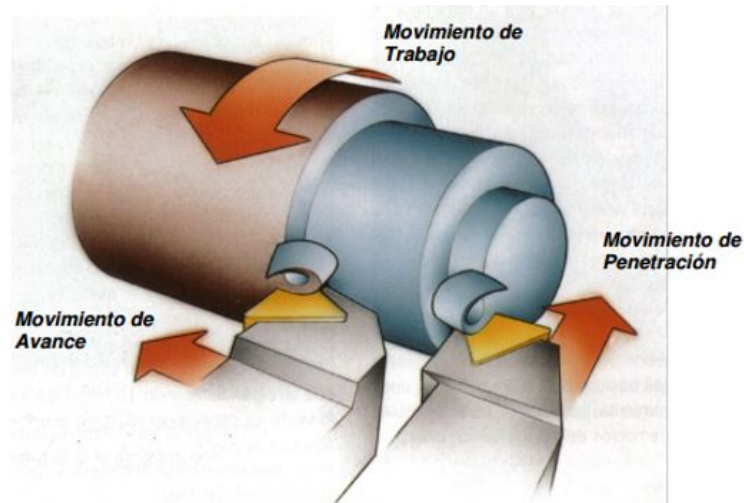


Figura 2.6: Movimientos de corte.

2.6.5. Tipos de mecanizado

En el torno, los mecanizados que podemos conseguir son siempre de volúmenes de revolución. Cilindros, conos, perforados en el eje, ranuras laterales, roscas y tornados interiores. Debemos considerar, como primera medida que, que la herramienta debe estar perfectamente centrada, admitiéndose, en algunas operaciones, que se encuentre levemente por arriba del centro de la pieza. Para centrar la punta de la herramienta en altura, podemos usar como referencia un punto colocado en la contrapunta, un calibre con la medida previamente calculada de la altura del eje sobre la bancada, o haciendo tangencia en el frente del material girando. En este caso, podemos observar si la punta cortante de la herramienta se encuentra a la misma altura que el centro de la pieza.

Frentado o desbaste frontal. Tienen lugar limpiando el frente de la pieza como en la figura 25. El cuerpo de la herramienta y el filo principal de corte, deben formar un ángulo pequeño contra la cara a mecanizar. Para la mejor formación de viruta, es conveniente elegir siempre una dirección del corte que proporcione un ángulo lo más cercano a 90 grados como sea posible (se debe evitar que el ángulo de entrada sea muy pequeño). Una mejor formación de la viruta se puede alcanzar con una dirección de avance hacia el eje que también reduce al mínimo el riesgo de la vibración.

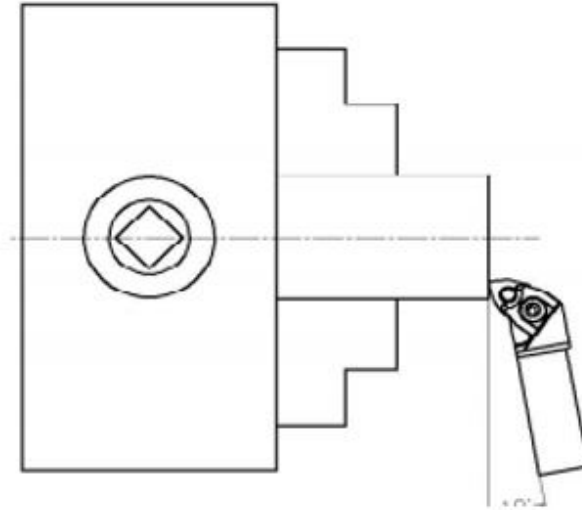


Figura 2.7: Desbaste frontal.

Desbaste lateral o cilindrado. Se consigue mecanizando la cara lateral de la pieza como en la figura 26, con movimientos de penetración perpendiculares al eje de la misma, por medio del carro transversal; y con movimiento de avance paralelo al eje, por medio del carro longitudinal. Para un mejor desprendimiento de la viruta, se recomienda en la mayoría de los casos que el ángulo que forme el filo de corte con la superficie de la pieza, sea levemente mayor a 90° (92° - 93°). Esto lo podemos conseguir si posicionamos la porta inserta perpendicular al eje del torno, ya que entre el cuerpo del porta y el apoyo del inserto encontramos esos 2 o 3 grados de diferencia

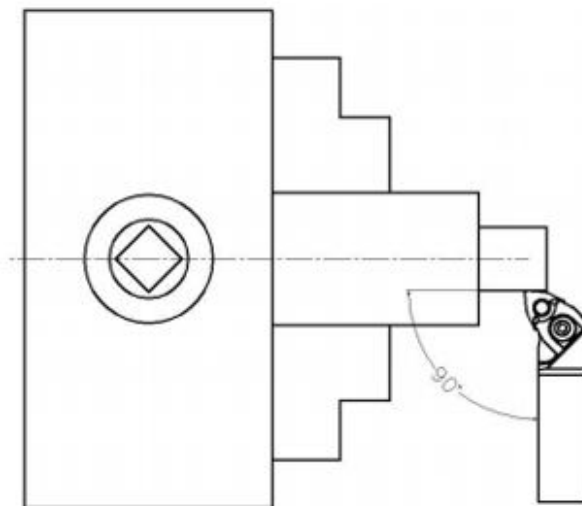


Figura 2.8: Desbaste lateral

2.6.6. Factores de corte

Estos datos de corte corresponden a la relación material de la pieza – material de la herramienta ver figura 2.9. Y tenemos estas ecuaciones para poder calcular la velocidad de corte en m/min (2.1) y para la velocidad del husillo en RPM (2.2).

$$V_c = \pi * D_c * n / 1000 \quad (2.1)$$

V_c = Velocidad de corte en m/min

D_c = Diametro en mmm

n = Revoluciones/min

$$n = V_c * 1000 / \pi * D_c \quad (2.2)$$

n = Velocidad del husillo en revoluciones/min

V_c = Velocidad de corte en m/min

D_c = Diametro en mmm

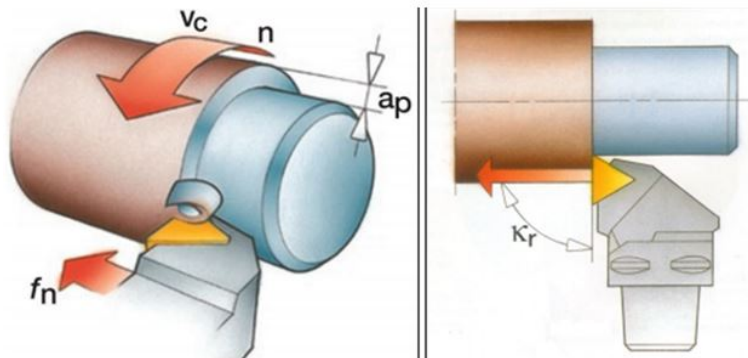


Figura 2.9: Factores de corte en torno

La Velocidad de Corte (V_c) [m/minuto]: O también llamada velocidad tangencial, es la velocidad que el material (viruta) tiene sobre la superficie de la herramienta (plaquita).

El Avance (f_n) [mm/revolución]: Es la velocidad de la herramienta en relación a la pieza que está girando. Podríamos decir que es la velocidad de avance del carro. Es de vital importancia

para la correcta formación de la viruta, y la terminación superficial de la pieza.

La Profundidad de Pasada (a_p) [mm]: Es la semi-diferencia entre el diámetro sin cortar y el cortado.

2.6.7. Herramientas en torno

Barrenado este mecanizado se efectúa en la cara frontal de la pieza como en la figura 2.10 coincidiendo con la dirección de su eje. Lo efectuamos haciendo girar el plato con el material, y penetrando con un útil de corte en su eje. Esta herramienta de corte puede ser una broca (mecha) colocada en un porta brocas (mandril). Este dispositivo se clava en el agujero cónico del manguito, y se introduce por medio del volante de la, manteniendo bloqueada la misma sobre la bancada.

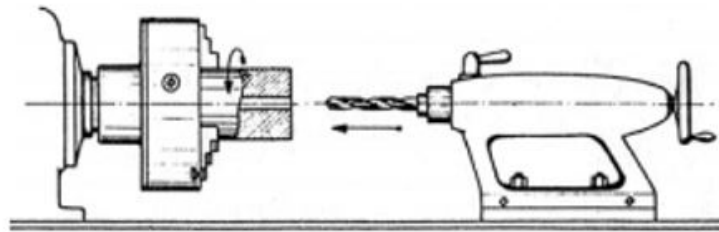


Figura 2.10: Operación de barrenado

Broca. Es una pieza metálica de corte que crea orificios en diversos materiales cuando se coloca en una herramienta mecánica como taladro u otra máquina. Su función es formar un orificio o cavidad cilíndrica

Tipos de broca. Acero de alta velocidad o acero rápido (HSS): es una aleación de acero que consiste en un elemento metálico combinado con un elemento químico que le otorga al acero, conocido como acero de aleación, una cierta característica. El HSS es el más común de todos los aceros de aleación en el diseño de brocas para metal, dando lugar a mechas de gran solidez y buena resistencia, que pueden afilarse varias veces. Además del elemento químico que forma parte de la aleación, las brocas de acero rápido pueden presentar recubrimientos con diversos metales que les otorgan propiedades adicionales.



Figura 2.11: Broca

Metal duro o carburo: es un compuesto sinterizado, carburo de tungsteno (es decir, carbono y tungsteno) y metales aglutinantes que suelen ser titanio o cobalto, que proporciona a la broca una mayor resistencia y durabilidad. Estas brocas pueden estar compuestas íntegramente de carburo de tungsteno o simplemente tener las puntas de carburo de tungsteno y son las preferidas en las industrias de la construcción, minería, agricultura, automotriz y talleres mecánicos debido a su larga vida útil.

Broca de centros. Las brocas para centros de Acero Alta Velocidad están diseñadas para generar centros de apoyo en productos que requieren ser maquinados entre centros como es el torneado, fresado o rectificado cilíndrico. Estas brocas tienen canales helicoidales para facilitar la extracción de la rebaba, el afilado de la punta y avellanador se distinguen por su corte inicial de precisión, facilidad de avance y acabado. Las brocas para centro están a su disposición en dos estilos: tipo plana y tipo campana en una gran variedad de tamaños



Figura 2.12: Broca de centros

Buril. Básicamente, el mecanizado mediante un torno genera formas cilíndricas con una herramienta de corte o cuchilla que, en la mayoría de los casos, es estacionaria, mientras que la pieza de trabajo es giratoria.

Una herramienta de corte típica para usar en un torno (también conocida como buril) consta principalmente de un cuerpo, mango o vástago, y de un cabezal donde se encuentra la parte cortante. A su vez, el cabezal se compone de diversas partes, tal como vemos en la figura 2.13.

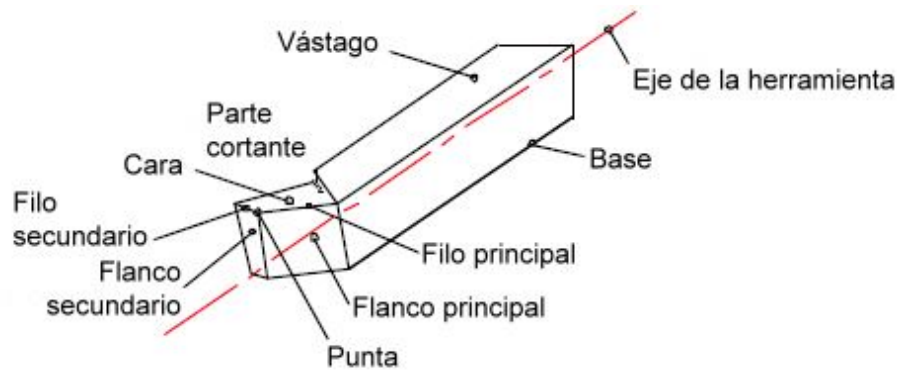


Figura 2.13: Partes de butil

Es requisito indispensable que la herramienta de corte presente alta dureza, incluso a temperaturas elevadas, alta resistencia al desgaste y gran ductilidad. Estas características dependen de los materiales con los que se fabrica la herramienta, los cuales se dividen en varios grupos:

Acero al carbono: de escasa aplicación en la actualidad, las herramientas fabricadas en acero al carbono o acero no aleado tienen una resistencia térmica al rojo de 250-300 grados C y, por lo tanto, se emplean solamente para bajas velocidades de corte o en el torneado de madera y plásticos. Son herramientas de bajo costo y fácil tratamiento térmico, pero por encima de 300 grados C pierden el filo y la dureza. Con acero al carbono se fabrican machuelos, terrajas, limas de mano y otras herramientas similares.

Acero rápido: son herramientas de acero aleado con elementos ferrosos tales como tungsteno, cromo, vanadio, molibdeno y otros. Estos aceros adquieren alta dureza, alta resistencia al desgaste y una resistencia térmica al rojo hasta temperaturas de 650 °C. Aunque a escala industrial y en el mecanizado de alta velocidad su aplicación ha disminuido notablemente en los últimos años, las herramientas de acero rápido aún se prefieren para trabajos en metales blandos o de baja producción, porque son relativamente económicas y son las únicas que se pueden volver a afilar en amoladoras o esmeriladoras provistas de una muela abrasiva de óxido de aluminio, de uso común en la mayoría de los talleres.

2.6.8. Fresadora

Es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizado por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. En las fresadoras tradicionales, la herramienta o fresa gira en una posición fija y el desbastado

se realiza acercando la pieza a la herramienta. La fresadora se emplea para realizar trabajos en superficies planas o perfiles irregulares, pudiendo también utilizarse para tallar engranajes y roscas, taladrar y mandrilar agujeros, ranuras, chaveteros y graduar con precisión medidas regularmente espaciadas.

En las máquinas de fresar usadas en los talleres de construcciones Mecánicas, podemos distinguir las siguientes partes:

1. **Bastidor.**- Es una especie de cajón de fundición, de base reforzada y generalmente, rectangular. Por medio del bastidor se apoya la máquina en el suelo. Es el sostén de los demás órganos de la freidora.

2. **Husillo.**- Es uno de los elementos esenciales de la máquina, puesto que es el que sirve de soporte a la herramienta y le da movimiento. El husillo recibe el movimiento a través de la caja de velocidades, que a su vez es movido por el motor.

3. **Caja de velocidades del husillo.**- Tiene una serie de engranajes que pueden acoplarse según diferentes relaciones de transmisión. Esto permite una extensa gama de velocidades del husillo principal. El accionamiento de esta caja es independiente del que efectúa la caja de avances.

4. **Mesa longitudinal.**- Es el punto de apoyo de las piezas que van a ser trabajadas. Estas piezas se pueden montar directamente o por medio de accesorios de fijación. La mesa tiene ranuras en forma de T para alojar los tornillos de fijación.

5. **Carro transversal.**- Es una pieza de fundición de forma rectangular, en cuya parte superior se desliza y gira la mesa en un plano horizontal. En la base inferior está ensamblado a la consola, sobre la que se desliza manualmente por medio de tuerca y tornillo, o automáticamente, por medio de cajas de avance. Se puede inmovilizar.

6. **Caja de avances.**- Es un mecanismo construido por una serie de engranajes ubicados en el interior del bastidor. Recibe el movimiento directamente del accionamiento principal de la máquina. Se pueden establecer diferentes velocidades de avance. El enlace del mecanismo con el husillo de la mesa se realiza a través de un eje extensible de articulaciones cardán. En algunas fresadoras, la caja de velocidades de los avances está ubicada en la consola con un motor especial e independiente del accionamiento principal de la máquina.



Figura 2.14: Partes de una fresadora

2.6.9. Elementos de fijación

Para comenzar el proceso de fresado, el elemento o material a trabajar debe estar correctamente sujeto a la máquina, para ello se usan una o varias de las siguientes piezas de fijación.

Prensa. Es un accesorio de dos mandíbulas, una fija y la otra móvil. Esta última se desliza sobre una guía por medio de un tornillo y una tuerca movida por una manija como lo muestra la figura 2.15.



Figura 2.15: Prensa colocada en la fresadora

2.6.10. Herramientas en fresadora

Las fresas van provistas en su periferia, o también en su cara frontal, de dientes o de cuchillas 2.16. Son útiles de varios filos y tienen respeto a los útiles de un solo filo, para cepillar y para torneear, la ventaja de que no se calienten tanto y de que tampoco se embotan tan rápidamente. Cada filo está cortando nada más que una fracción del tiempo que dura su revolución y durante el resto del tiempo se vuelve a enfriar.

También en el fresado, el material a trabajar y el tipo del trabajo, determinan los ángulos de filo. Estos dependen además del procedimiento de fresado. En el fresado paralelo el ángulo de filo es más puntiagudo; el ángulo de ataque tiene que ser más empinado (20 a 22°). El ángulo de incidencia se elige de 6° . Las fresas para metales ligeros van provistas, con objeto de conseguir un buen arranque de viruta, de huecos entre dientes especialmente grandes y redondeados. Para materiales duros se emplean fresas con muchos dientes, lo cual lleva consigo la existencia de huecos pequeños entre diente y diente: arrancan sólo virutas pequeñas.



Figura 2.16: Cortadores de diferentes formas

2.6.11. Metrología

La percepción inicial de metrología deriva de su etimología: del griego metros medida y logos tratado. Concepto que debe ser casi tan antiguo como el ser humano: “tengo nada”, “tengo algo”, “tengo mucho”; expresiones que reflejan una comparación muy primitiva pero que perdura en la raza humana bajo muchos aspectos, al punto que actualmente podemos decir que metrología es la ciencia de las mediciones y que medir es comparar con algo (unidad) que se toma como base de comparación.

Las ocasiones de medir las tuvo el humano primitivo con las nociones de: cerca lejos, rápido-lento, liviano-pesado, claro-oscuro, duro-suave, frío-caliente, silencio-ruido. Originalmente estas percepciones fueron individuales pero con el correr de las experiencias y la vida en común surgieron las comparaciones entre las personas y en el transcurso de los milenios se han desarrollado bases de comparación generalmente aceptadas. Con esos antecedentes y después de una buena cantidad de milenios, es fácil pensar en las bases para comparar las apreciaciones personales - dicho en buena lengua romance: en las medidas y sus unidades.

Para mencionar algunas de las medidas y unidades básicas podemos citar, tabla 2.3 :

Tabla 2.3: Unidades básicas

MEDIDA	UNIDAD
Longitud	Metro
Masa	Kilogramo
Tiempo	Segundo
Temperatura	Kelvin
Intensidad Luminosa	Candela
Corriente Eléctrica	Ampere
Cantidad de Substancia	Mol

Las unidades del Sistema Internacional de Unidades, SI, son establecidas por la Conferencia General de Pesas y Medidas (CGPM) bajo cuya autoridad funciona la Oficina Internacional de Pesas y Medidas (BIPM) - Bureau International des Poids et Mesures) con sede en Francia. En los párrafos siguientes, las definiciones internacionales de las unidades son las publicadas por el BIPM, actualizadas al mes de enero del 2000. La CGPM decidió establecer el SI, basado en siete unidades bien definidas. Estas son las llamadas unidades de base que se listan en la tabla 2.3.

El calibrador vernier, también denominado cartabón de corredera o pie de rey, es un instrumento para medir dimensiones de objetos relativamente pequeños, desde centímetros hasta fracciones de milímetros ($1/10$ de milímetro, $1/20$ de milímetro, $1/50$ de milímetro). En la escala de las pulgadas tiene divisiones equivalentes a $1/16$ de pulgada, y, en su nonio, de $1/128$ de pulgadas. Consta de una regla con una escuadra en un extremo, sobre la cual se desliza otra destinada a indicar la medida en una escala. Permite apreciar longitudes de $1/10$, $1/20$ y $1/50$ de milímetro utilizando el nonio. Mediante piezas especiales en la parte superior y en su extremo, permite medir dimensiones internas y profundidades.

Posee dos escalas: la inferior milimétrica y la superior en pulgadas. Sus componentes son:

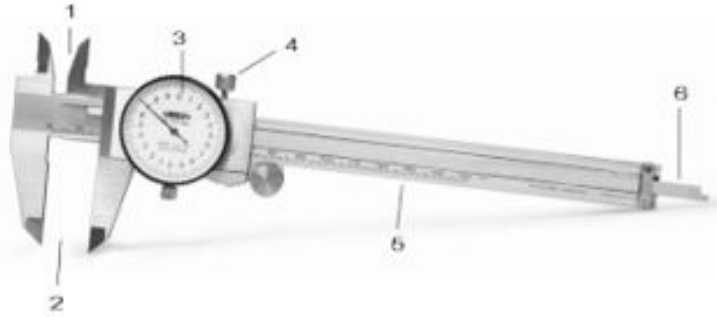


Figura 2.17: Calibrador Vernier

1. Mordazas para medidas externas. 2. Mordazas para medidas internas. 3. Coliza para medida de profundidades. 4. Escala con divisiones en centímetros y milímetros. 5. Escala con divisiones en pulgadas y fracciones de pulgada. 6. Nonio para la lectura de las fracciones de milímetros en que esté dividido. 7. Nonio para la lectura de las fracciones de pulgada en que esté dividido. 8. Botón de deslizamiento y freno

2.6.12. Velocidades de corte

Velocidades y avance para corte. La velocidad a la cual gira la pieza de trabajo en el torno es un factor importante y puede influir en el volumen de producción y en la duración de la herramienta de corte. Una velocidad muy baja en el torno ocasionará pérdidas de tiempo; una velocidad muy alta hará que la herramienta se desafile muy pronto y se perderá tiempo para volver a afilarla. Por ello, la velocidad y el avance correctos son importantes según el material de la pieza y el tipo de herramienta de corte que se utilice.

La velocidad de corte para trabajo en un torno se puede definir como la velocidad con la cual un punto en la circunferencia de la pieza de trabajo pasa por la herramienta de corte en un minuto. La velocidad de corte se expresa en pies o en metros por minuto. Por ejemplo, si el acero de máquina tiene una velocidad de corte de 100 pies (30 m) por minuto, se debe ajustar la velocidad del torno de modo que 100 pies (30 m) de la circunferencia de la pieza de trabajo pasen frente a la punta de la herramienta en un minuto. La velocidad de corte (VC) recomendada para diversos materiales aparece en la siguiente tabla 2.4. Estas velocidades de corte las han determinado los productores de metales y fabricantes de herramientas de corte como las más convenientes para la larga duración de la herramienta y el volumen de producción.

Tabla 2.4: Velocidades para maquinado en torno

Material	Refrendado, torneado, rectificacion					
	Desbastado		Acabado		Roscado	
	pies/min	m/min	pies/min	m/min	pies/min	m/min
Acero de maquina	90	27	100	30	35	11
Acero de Herramienta	70	21	90	27	30	9
Hierro fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18

Calculo de RPM para una barra de aluminio de 4 in de diámetro

$$RPM = V_c * 12 / \pi * D_c \quad (2.3)$$

n = Velocidad del husillo en revoluciones/min

V_c = Velocidad de corte en pies/min, consultar tabla 2.4

D = Diametro en in

$$RPM = 200 * 12 / 3.1416 * 4 = 190.9854 \text{ rpm}$$

Avance de corte en torno. El avance de un torno se define como la distancia que avanza la herramienta de corte a lo largo de la pieza de trabajo por cada revolución del husillo. Por ejemplo, si el torno esta graduado con un avance de 0.008 in(0.20 mm), la herramienta de corte avanzara a lo largo de la pieza de trabajo 0.008 in (0.20 mm) por cada vuelta completa de la pieza. EL avance de un torno depende de la velocidad del tornillo o varilla de avance. Ademas, se controla con los engranes desplazables en la caja de engranes de cambio rápido.

Tabla 2.5: Avances para diversos materiales con el uso de herramienta para alta velocidad

Material	Desbastado		Acabado	
	in	mm	in	mm
Acero de maquina	0.010-0.020	0.25-0.50	0.003-0.010	0.07-0.25
Acero de Herramienta	0.010-0.020	0.25-0.50	0.003-0.010	0.07-0.25
Hierro fundido	0.015-0.025	0.40-0.065	0.005-0.012	0.13-0.30
Bronce	0.015-0.025	0.40-0.65	0.003-0.010	0.07-0.25
Aluminio	0.015-0.030	0.40-0.75	0.005-0.010	0.13-0.25

Calculo de la velocidad de avance para una barra de aluminio de 4 in de diámetro

$$Feedrate = IPR * RPM \quad (2.4)$$

n = Velocidad del husillo en revoluciones/min

$Feedrate$ = Velocidad de corte en pies/min

IPR = Avance de corte, consultar tabla 2.5

$$Feed\ rate = 190.9854 * 0.015 = 2.864\ in/min$$

Siempre que sea posible, sólo se deben hacer dos cortes para dar el diámetro requerido: un corte de desbastado y otro de acabado. Dado que la finalidad del corte de desbastado es remover el material con rapidez y el acabado de superficie no es muy importante, se puede usar un avance basto. El corte de acabado se utiliza para dar el diámetro final requerido y producir un buen acabado de superficie; por lo tanto, se debe utilizar un avance fino. Para maquinado general, se recomiendan un avance de 0.010 a 0.015 pulg. (0.25 a 0.38 mm) para desbastar y de 0.003 a 0.005 pulg (0.076 a 0.127 mm.) para acabado fino. En la tabla 2.5 se indican las velocidades recomendadas para cortar diversos materiales cuando se utiliza una herramienta de acero de alta velocidad.

2.7. Diseño y proceso de manufactura

Para llegar a un prototipo final fue necesario diseñar la geometría del engrane así como el proceso de manufactura tomando en cuenta desde el material, maquinaria, herramientas y accesorios necesarios para la realización del prototipo. En la imagen 2.18 se ilustran de manera general todos los aspectos involucrados para la fabricación de la pieza.

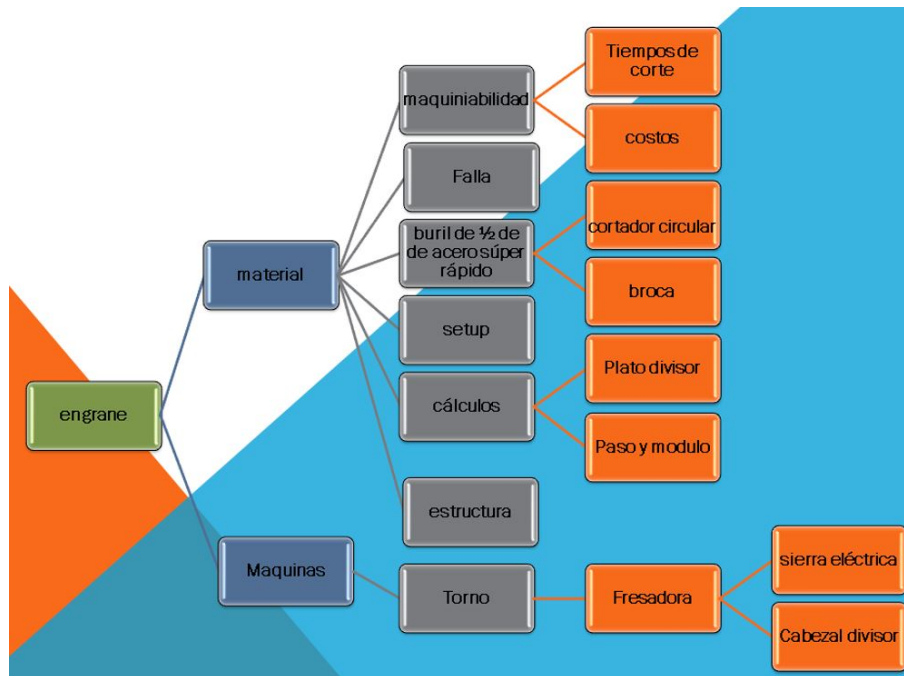


Figura 2.18: Etapas de manufactura del prototipo

Capítulo 3

Metodología

3.1. Plano de la pieza

Todos los trabajos de mecanizado tienen que comenzar en alguna parte, y eso suele ser con un plano del diseño de la pieza. El dibujo del diseño brinda información importante sobre el tamaño, la forma y material para determinar el stock. Observar la figura 3.1

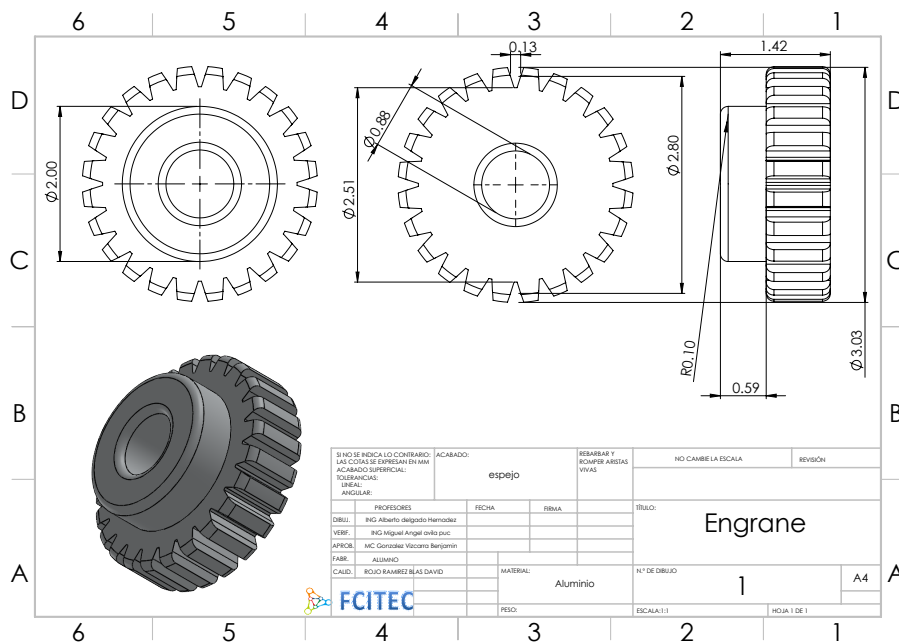


Figura 3.1: Plano del engrane

3.1.1. Análisis del plano

Analizar el plano nos permite identificar lo siguiente:

- Tipos de operaciones de manufactura que son requerido para mecanizar la pieza.
- Elegir el orden en el que se aplicarán las operaciones de manufactura.

- Identificar la geometría de las superficies de mecanizado para decidir qué herramientas y de que tipo son las necesarias.
- Seleccionar la forma de sujetar la pieza para su mecanizado.
- Seleccionar un material de herramienta basado en el material de la pieza.
- Calcular las velocidades de corte.

El enfoque metodológico empleado para este estudio se ha determinado en base a los puntos mencionados anteriormente, los cuales se pueden ver en la tabla de la figura 3.2.

Part No: N/A		Date:	MACHINING PROCESS PLANT			
Part Name: Engrane_prototipo		Programer: N/A				
Machine: 1. Cierra cinta- 2. Torno- 3. Fresadora-		Material: Aluminio 6061				
SEQ	OPERATION	TOOL	STATION	SPEED	FEED	NOTES
1	Corte de material en bruto	Cinta de 10 dientes x in	1	400 rpm		
2	Careo	Buril solido de HSS de ½ in	2	750 rpm	.012 in /rev	
3	Desbaste	Buril solido de HSS de ½ in	2	750 rpm	.080 in/rev	
4	Acabado	Buril solido de HSS de ½ in	2	850 rpm	.010 in/rev	
5						
6	Corte de dientes		3			Utilizar cabezal divisor
7						
8						

Figura 3.2: Operaciones de maquinado

3.2. Manufactura

3.2.1. Corte de material

Se corto una pieza cilíndrica de 3-3/8 in de aluminio 6061 en maquina cierra cinta, como se puede ver en la figura 3.3



Figura 3.3: Operaciones de maquinado

3.2.2. Operaciones en torno convencional

1. Centramos la pieza de aluminio en el Chuck de 3 mordazas, ponemos el buriel en posición, colocamos el protector del torno y encendemos la máquina.
2. Operación de careo de la pieza Figura 3.4

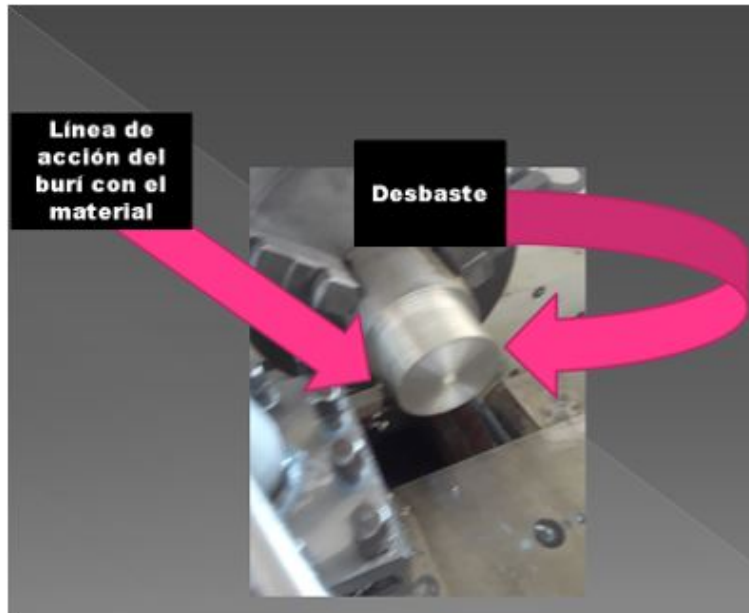


Figura 3.4: Operación de careo de la pieza

3. Una vez careada la pieza utilizamos la broca de centros, para que posteriormente nos permita sujetarla con el contra punto.
4. El diámetro final del engrane debe quedar a 77mm de diámetro y el sólido de aluminio que tenemos mide $3\text{-}5/8=3.625''$ para llegar a $77\text{mm}= 3.0315''$ podemos ir haciendo cortes de 80 milésimas y en séptimo corte hacerlo de 10 milésimas antes, para poder realizar el corte de acabado utilizando el control automático del torno.
5. Después de la medida final de 77mm pasamos a desbastar la parte de enfrente dejando un diámetro externo de 2 in (50.8mm) por 0.600 in de longitud Figura 3.5.

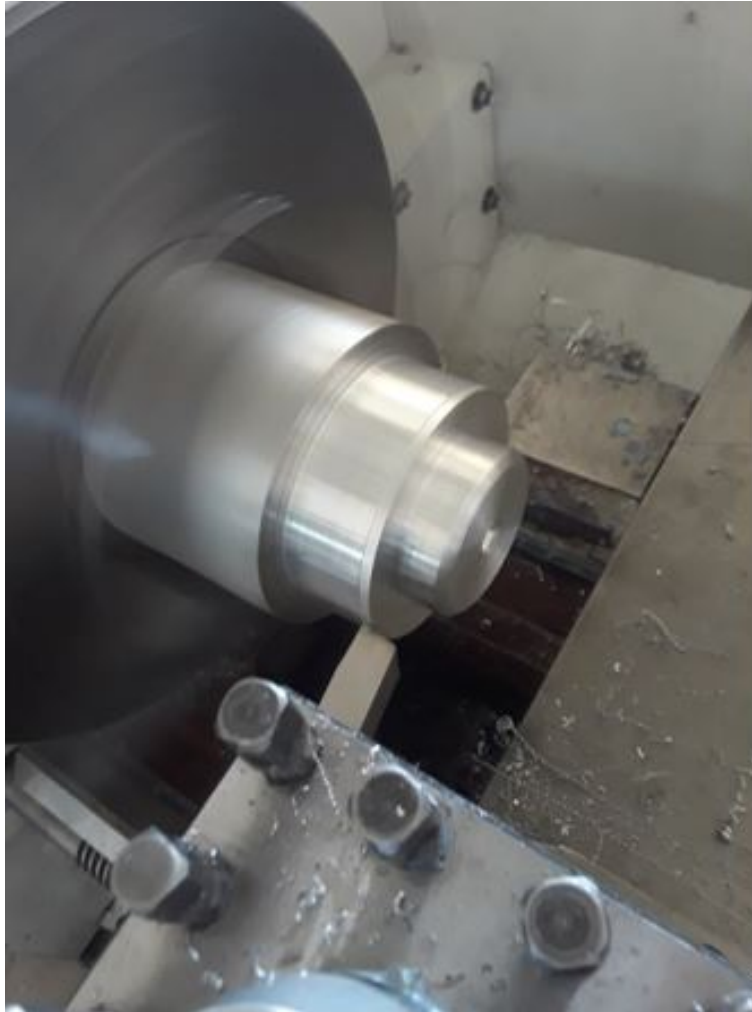


Figura 3.5: Operación de desbaste de la pieza

6. Una vez realizado las operaciones anteriores debemos eliminar los filos de la pieza y desmontarla para pasar al siguiente proceso.

7. Procedemos a realizar una operación de corte de la pieza, en este caso utilizamos la cinta, siempre aplicando el refrigerante para evitar que se atore la segueta y obtener un mejor acabado en el corte, como se puede apreciar en la figura 3.6.



Figura 3.6: Corte de pieza semi-terminada

8. Una vez realizado el corte se procedió a colocar la pieza nuevamente en el torno. En este caso volteamos y centramos la pieza por el otro extremo para después para maquinar a una medida de longitud de 1 in y de diámetro 2.5 in Figura 3.7.



Figura 3.7: Maquinado de la parte posterior de la pieza

3.2.3. Operaciones de maquinado en fresadora convencional

En seguida describiremos las actividades realizadas utilizando la fresadora convencional y el cabezal divisor.

1. Ajuste del cabezal divisor sobre la mesa del trabajo de la fresadora, como se observa en la figura 3.8.



Figura 3.8: Colocación de cabezal divisor en fresadora

2. Alineamiento del cabezal divisor, necesario para poder cortar el material de manera paralela al eje x del movimiento de la mesa 3.9.



Figura 3.9: Alineación de cabezal divisor

3. Localización de los tornillos de apriete para la base del cabezal divisor, que permiten sujetarlo firmemente a la mesa, ilustrado en la figura 3.10.



Figura 3.10: Ubicación de tornillos de 7/8" que sujetan la base del cabezal

4. Colocación de fresadora circular con eje adaptador por medio de tornillo, con collet tipo R para atornillar a eje de la máquina fresadora convencional ver figura 3.11.

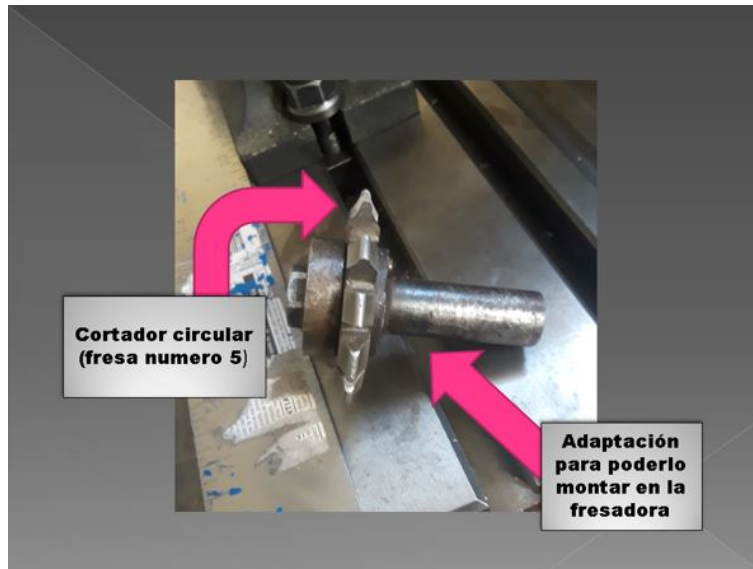


Figura 3.11: Fresadora circular con eje adaptador.

5. Montaje de pieza, para esto se utilizó un mandril, ya que, si se montaba directamente el cortador, este pegaría con el Chuck del cabezal divisor. Se procede a centrarlo para que quede en la parte media y posicionamos el contrapunto Figura 3.12.



Figura 3.12: Montaje de pieza en cabezal divisor.

6. Antes de empezar a realizar los cortes, se debe tener en cuenta la aplicación de un lubricante de corte, hay mucha variedad, pero se recomienda tap magic figura 3.13.

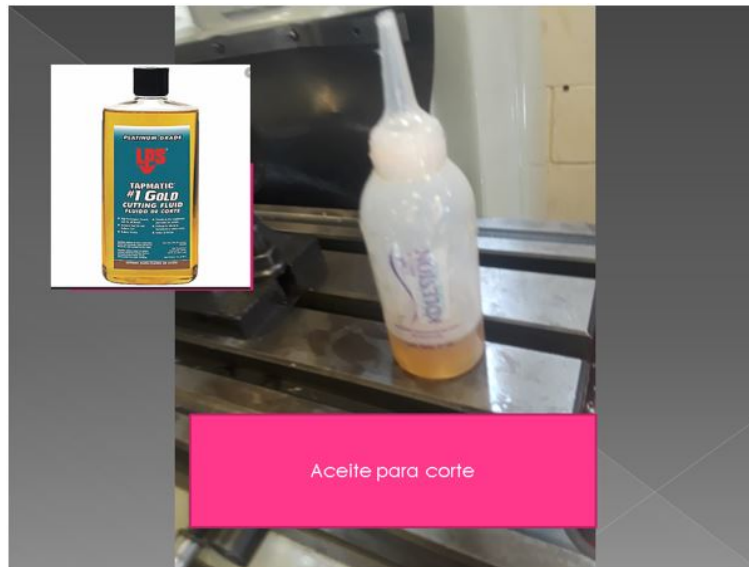


Figura 3.13: Aceite para corte.

7. Después de hacer todo el ajuste (setup) ponemos en práctica el movimiento rotatorio del plato divisor figura 3.14.

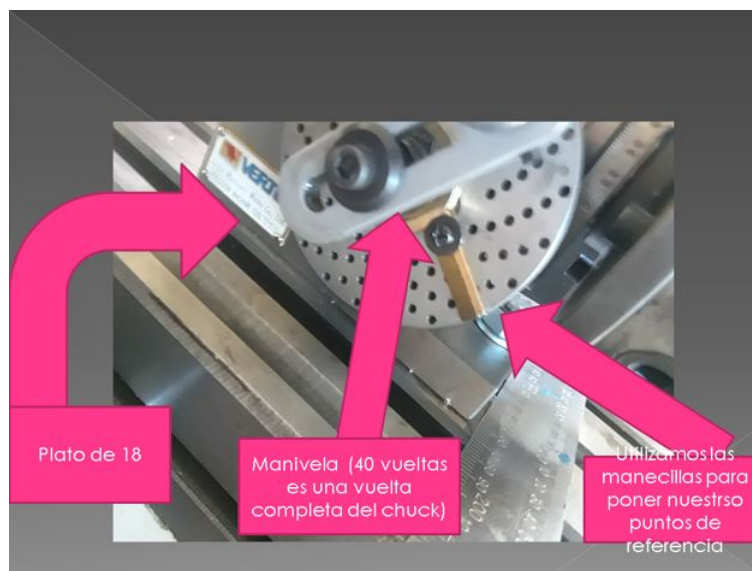


Figura 3.14: Plato divisor

8. Para iniciar el proceso de corte de los dientes del engrane, realizamos un primer corte de 10 milésimas para poder identificar que todo está correctamente figura 3.15.

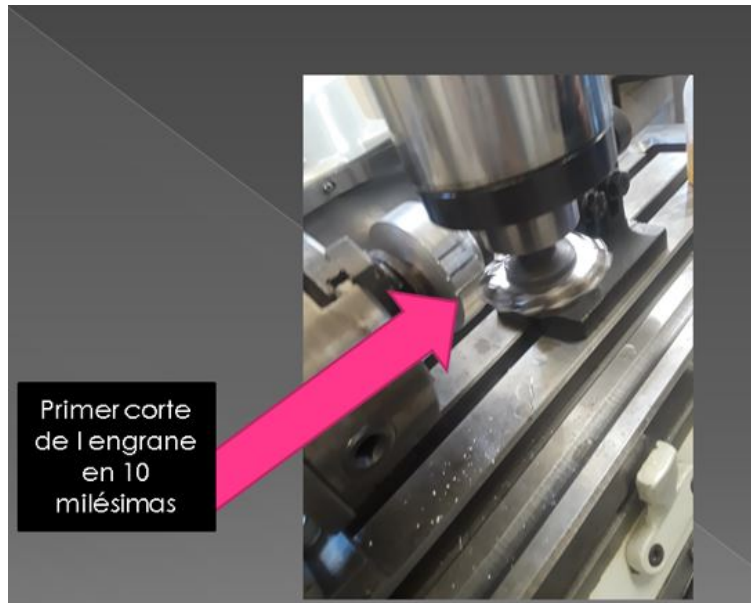


Figura 3.15: Primer desbaste de material

9. Realizamos cortes de 10 milésimas para no perdernos en el recorrido de los dientes del engrane, una vez hecho esto podemos realizar cortes más profundos de 30 milésimas figura 3.16.

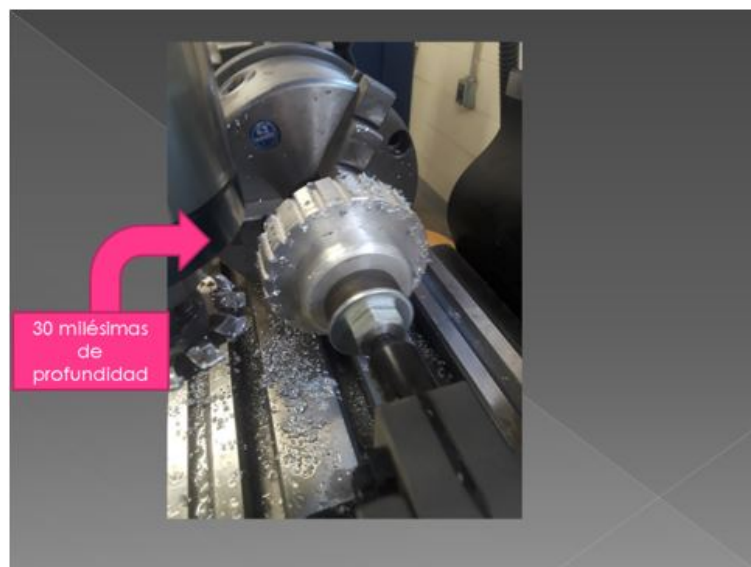


Figura 3.16: Realización de cortes de 30 milésimas.

10. Después de realizar cortes de 30 milésimas, seguimos con el mismo procedimiento 6 veces (cabe decir que se tiene que dar la vuelta completa del plato divisor en cada

corte). En la figura 3.17 se ilustra esta operación.

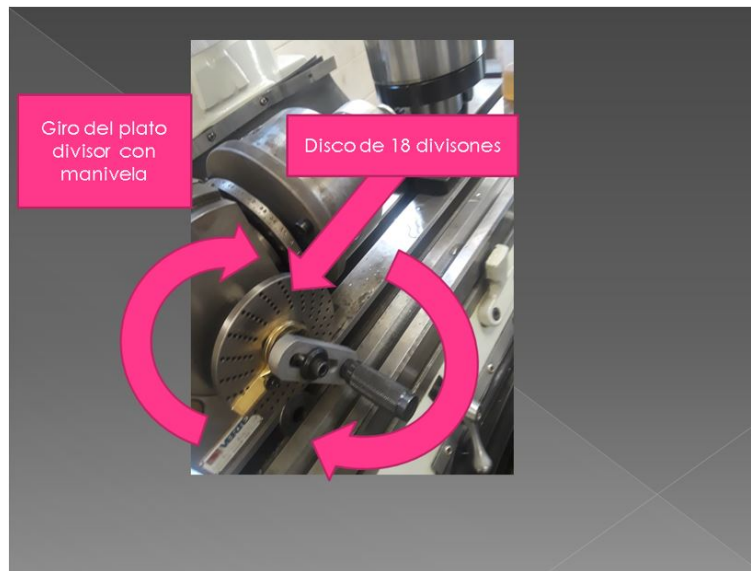


Figura 3.17: Giro del plato divisor.

11. En la figura 3.18 se muestra de manera simplificada los cortes de la pieza realizados las 6 veces, para obtener la profundidad final del diente del engrane.

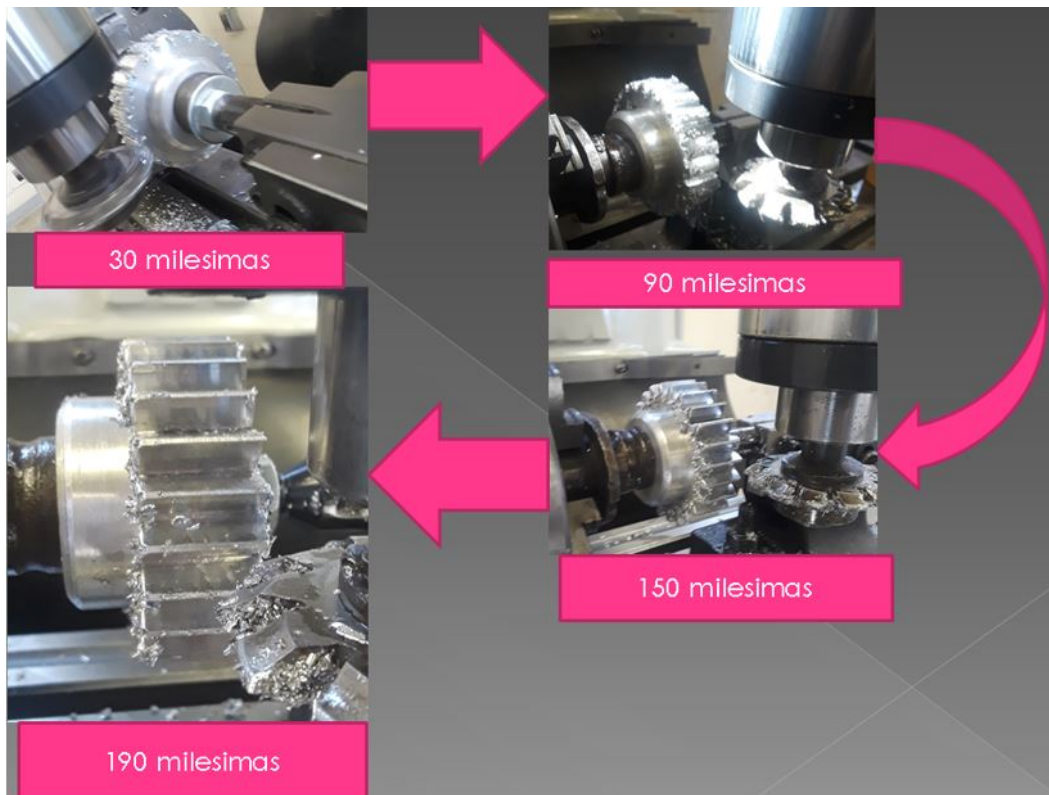


Figura 3.18: Profundidades específicas de corte.

12. Una vez terminado el corte de deberá ver de la siguiente manera.

(a) Desmontamos todo el setup.



Figura 3.19: Pieza con adaptador.

- (b) Podemos observar cómo aparecen las rebabas por el corte es muy importante limpiarlas para ello se utilizara el torno y con una lima para poder limpiarla.

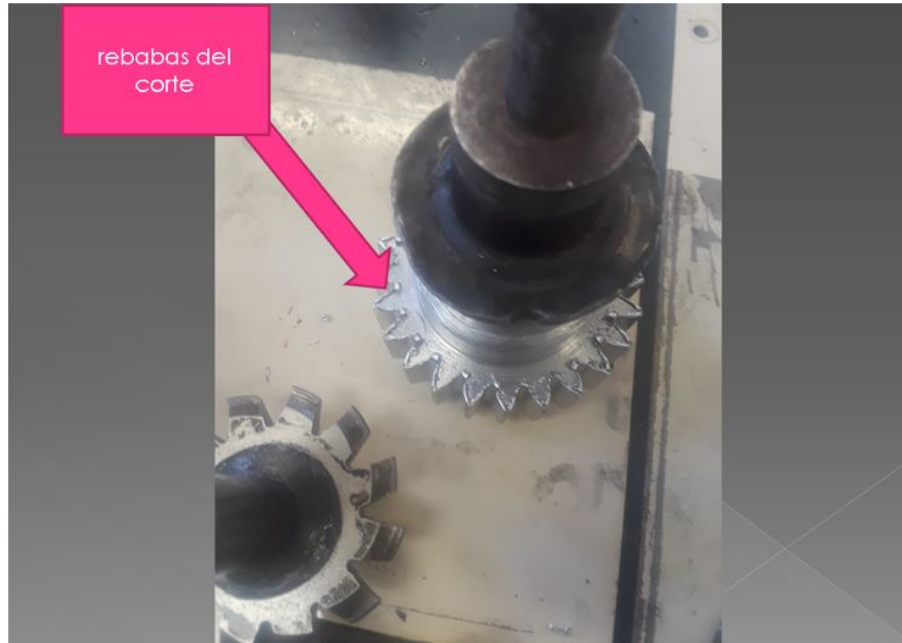


Figura 3.20: Cortador y pieza con adaptador.

Capítulo 4

Resultados

Análisis e interpretación de resultados. Su presentación y organización varía según el tipo de estudio empleado. Es recomendable que formules de acuerdo al orden de los objetivos que te planteaste al inicio de la investigación. Los resultados trata de contrastarlos o fundamentarlos sobre las teorías que hayas utilizado durante todo el trabajo.



Figura 4.1: Engrane recto terminado.

Capítulo 5

Conclusiones

Es el punto final de la investigación realizada, ésta se enmarca en un contexto de inicio-cierre, es decir, que se parte con las ideas propuestas o preliminares del estudio, luego se describen los logros obtenidos, y finalmente se formulan otras ideas partiendo de las que se tuvieron al principio del estudio. En términos generales, la conclusión debe incluir aspectos como:

1. Logros del trabajo, a manera de una introducción breve.
2. Ideas relevantes que hayan surgido en los diferentes capítulos elaborados.
3. Conclusiones generales del tema central seleccionado

Recomendaciones

Son las consecuencias que se derivan de los resultados obtenidos, y se utilizan como un aporte mucho más significativo y/o estructurado del trabajo de investigación. Por lo general éstas dependen del tipo de estudio, y su inclusión queda sujeta al autor del estudio.(1)

Bibliografía

- [1] Chapter Outline, Conjugate Action, Involute Properties, Contact Ratio, Straight Bevel Gears, Parallel Helical Gears, Worm Gears, Tooth Systems, and Gear Trains. 658 664 665 667. page 694, 2008.