

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA SERVOASISTIDO DE TORRETA
CON CAPACIDAD DE 3 HERRAMIENTAS PARA LA RECONVERSIÓN DE UN
TORNO CONVENCIONAL A CNC**

DAVIS GUZMÁN PEREA CABARCAS

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2013**

**DISEÑO Y FABRICACIÓN DE UN SISTEMA SERVOASISTIDO DE TORRETA
CON CAPACIDAD DE 3 HERRAMIENTAS PARA LA RECONVERSIÓN DE UN
TORNO CONVENCIONAL A CNC**

DAVIS GUZMÁN PEREA CABARCAS

Proyecto de grado

Asesor:

**Alfonso Luis Agudelo Vegliante
Ingeniero metalúrgico**

**INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO
FACULTAD DE INGENIERÍAS
TECNOLOGÍA MECÁNICA
MEDELLÍN
2013**

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico principalmente a Dios quien me permitió vencer todos los obstáculos que se me presentaron durante la carrera; también a mi familia y a todas esas personas que me apoyaron en este periodo de formación. A ellos mil gracias.

Davis Guzmán Perea Cabarcas

AGRADECIMIENTOS

Yo Davis Guzmán Perea Cabarcas, expreso mis agradecimientos a:

La Institución Universitaria Pascual Bravo por la formación profesional y el apoyo que me brindó, lo cual contribuyó a la realización de uno de mis sueños.

A todo el grupo de docentes que me capacitaron en toda la etapa de formación académica, especialmente al profesor Alfonso Agudelo Vegliante por asesorarnos en todo el transcurso de la realización del proyecto de grado. También al señor Javier Mejía por la colaboración en la ejecución del objetivo general en parte técnica del trabajo.

Finalmente a todos los compañeros de estudio que compartieron opiniones, enseñanzas en algún momento del transcurso de la tecnología.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	25
1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	27
2 JUSTIFICACIÓN	29
3 OBJETIVOS	31
3.1 OBJETIVO GENERAL	31
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	31
4 MARCO DE TEÓRICO	33
4.1 PROCESOS DE MECANIZADO	33
4.1.1 Mecanizado sin arranque de viruta	34
4.1.2 Mecanizado por arranque de viruta	36
4.2 MECANIZADO MANUAL	38

4.3 MAQUINAS HERRAMIENTAS	38
4.3.1 Taladro	39
4.3.2 Fresadora	42
4.3.3 Torno	45
4.4 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO – CNC	51
4.4.1 Principio de funcionamiento	51
4.4.2 Torno CNC	52
4.4.3 Fresadora CNC	54
4.5 HERRAMIENTAS DE CORTE	56
4.5.1 Materiales	56
4.5.2 Tipos de herramientas	58
4.6 SISTEMA SERVOASISTIDO	63
4.6.1 Servomotor	64
4.7 REDUCTOR DE VELOCIDAD MECÁNICO	66
4.7.1 Reductores de velocidad de Sin fin-Corona	67

4.7.2 Reductores de velocidad de engranajes	68
4.7.3 Reductores de velocidad planetarios	68
4.7.4 Relación de velocidad	69
4.8 TRATAMIENTOS TÉRMICOS	71
4.8.1 Etapas del tratamiento térmico	72
4.8.2 Tipos de tratamientos térmicos	72
4.9 MATERIALES DE MECANIZADO	75
4.9.1 Materiales metálicos	75
4.10 TORRETA PORTAHERRAMIENTAS	78
5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA	80
6 METODOLOGÍA	81
6.1 TIPO DEL PROYECTO	81
6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN	81
6.3 MÉTODO	81
6.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INVESTIGACIÓN	82

6.4.1 Fuentes Primarias	82
6.4.2 Fuentes Secundarias	82
6.4.3 Técnicas de medición	83
6.5 PROCEDIMIENTO	83
7 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	85
7.1 ESTADO ACTUAL DEL TORNO	85
7.2 MEDICIÓN DEL ESPACIO DISPONIBLE EN EL TORNO	86
7.3 SELECCIÓN DE LA TORRETA	87
7.3.1 Torno CNC Emco Concept Turn 55	88
7.3.2 Servomecanismo	91
7.4 DISEÑO DE LA TORRETA PARA EL TORNO PARALELO	92
7.4.1 Componentes	94
7.5 DISEÑO DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD	95
7.5.1 Componentes del reductor de velocidad	96
7.6 CONSTRUCCIÓN DE LA TORRETA	105

7.6.1 Material	106
7.6.2 Tratamiento térmico	106
7.7 CONSTRUCCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD	108
7.7.1 Componentes comerciales	108
7.7.2 Componentes fabricados	111
7.8 SERVOMOTOR	114
7.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS	115
8. CONCLUSIONES	117
9 RECOMENDACIONES	119
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	120
ANEXOS	123

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Torno convencional que se convertirá a CNC	28
Figura 2. Torno convencional	30
Figura 3. Torno CNC de la Institución Universitaria Pascual Bravo	30
Figura 4. Viruta metálica	34
Figura 5. Procesos de mecanizado	36
Figura 6. Taladro de banco o columna	41
Figura 7. Fresadora universal	44
Figura 8. Torno convencional y sus partes	49
Figura 9. Torno paralelo en funcionamiento	49
Figura 10. Portaherramientas – Torrete	53
Figura 11. Torno CNC	54
Figura 12. Fresadora CNC	55
Figura 13. Brocas	59

Figura 14. Fresas	60
Figura 15. Buriles	63
Figura 16. Servomecanismo	64
Figura 17. Servomotores	66
Figura 18. Reductor de velocidad sinfín corona	67
Figura 19. Reductor de velocidad de engranajes	68
Figura 20. Reductor de velocidad planetario	69
Figura 21. Relación de velocidad en engranajes	71
Figura 22. Torretas. a) Convencional, b) servoasistida	79
Figura 23. Torno paralelo	86
Figura 24. Ubicación de la torreta	86
Figura 25. Distancia de la base del reductor al centro de las mordazas	87
Figura 26. Torno CNC Emco Concept Turn 55	89
Figura 27. Torreta de 8 posiciones	90
Figura 28. Torreta de 8 posiciones detallada – Ubicación de las Herramientas	90

Figura 29. Torrete diseñada	93
Figura 30. Vista detallada de los alojamientos de herramientas de corte	93
Figura 31. Ranuras para herramientas de corte	95
Figura 32. Modelo del reductor de velocidad	96
Figura 33. Modelos de los elementos de fijación	97
Figura 34. Rodamiento 6004-2Z	98
Figura 35. Lámina	99
Figura 36. Buje de bronce	99
Figura 37. Buje acero	99
Figura 38. Tuerca eje	100
Figura 39. Arandela de compresión	100
Figura 40. Rodamiento 6000-2Z	101
Figura 41. Tapa	101
Figura 42. Chaveta	102
Figura 43. Eje principal	102

Figura 44. Placa de cierre	103
Figura 45. Corona	104
Figura 46. Tornillo sinfín	104
Figura 47. Modelado. Ensamble torreta servoasistida	105
Figura 48. Torreta construida	107
Figura 49. Elementos de fijación	108
Figura 50. Rodamiento 6004-2Z	109
Figura 51. Arandela de compresión	109
Figura 52. Rodamiento 6000-2Z	110
Figura 53. Chaveta	110
Figura 54. Lámina	111
Figura 55. Tuerca eje	111
Figura 56. Tapa	112
Figura 57. Eje principal	112
Figura 58. Placa de cierre	113

Figura 59. Tornillo sinfín	113
Figura 60. Corona	114
Figura 61. Servomotor	115
Figura 62. Torrete servoasistida	116

LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo A. Ensamble de torreta en explosión	124
Anexo B. Torreta	125
Anexo C. Engranajes sinfín y corona	126
Anexo D. Carcasa reductor	127
Anexo E. Tornillos socket	128
Anexo F. Tornillos prisioneros	129
Anexo G. Tornillos avellanados	130
Anexo H. Tornillos prisioneros	131
Anexo I. Tuercas	132
Anexo J. Rodamiento 6004-2Z	133
Anexo K. Lámina	134
Anexo L. Buje de bronce	135

Anexo M. Buje de acero	136
Anexo N. Perno motor	137
Anexo O. Tapa posterior motor	138
Anexo P. Servomotor	139
Anexo Q. Tuerca eje	140
Anexo R. Arandela de compresión	141
Anexo S. Rodamiento 6000-2Z	142
Anexo T. Tapa	143
Anexo U. Chaveta	144
Anexo V. Eje corona	145
Anexo W. Placa de cierre	146
Anexo X Torreta servoasistida	147

GLOSARIO

AUTOMATIZACIÓN: es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos.

CNC: el control numérico computarizado (CNC) es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

ELEMENTOS DE FIJACIÓN: los elementos de fijación son una serie de piezas destinadas a la unión de componentes mecánicos de cierta estructura; existe una gran cantidad de piezas que son adaptables a cualquier necesidad, que brindan un agarre temporal si así se requiere, entre estos están los tornillos, tuercas, remaches, pasadores, etcétera.

HERRAMIENTA DE CORTE: es el elemento utilizado en las máquinas herramienta para extraer material de una pieza cuando se quiere llevar a cabo un proceso de mecanizado.

MAQUINA HERRAMIENTA: es un tipo de máquina que se utiliza para dar forma a piezas sólidas, principalmente metales.

MECANIZADO: es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Son operaciones de mecanizado: el torneado, el taladrado, fresado y el devastado.

METAL: se denomina metal a los elementos químicos caracterizados por ser buenos conductores del calor y la electricidad.

POLÍMERO: los polímeros se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas (monómeros) que se repiten a lo largo de toda una cadena.

REDUCTOR DE VELOCIDAD: los reductores de velocidad son sistemas de engranajes que permiten que los motores eléctricos, funcionen a diferentes velocidades para los que fueron diseñados.

SERVOMECANISMO: es un sistema formado de partes mecánicas y electrónicas que en ocasiones son usadas en robots, con parte móvil o fija.

SERVOMOTOR: es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición

TORNO: se denomina torno a un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución.

TORRETA PORTAHERRAMIENTAS: es un elemento ubicado en el carro portaherramientas de un torno, en este dispositivo se pueden montar simultáneamente varias herramientas de corte, lo cual permite con un simple giro presentar un nuevo buril sobre la pieza.

TRATAMIENTO TÉRMICO: se conoce como tratamiento térmico el proceso que comprende el calentamiento de los metales o las aleaciones en estado sólido a temperaturas definidas, manteniéndolas a esa temperatura por suficiente tiempo, seguido de un enfriamiento a las velocidades adecuadas con el fin de mejorar sus

propiedades físicas y mecánicas, especialmente la dureza, la resistencia y la elasticidad.

RESUMEN

Este proyecto consiste en el diseño y fabricación de un sistema servoasistido con capacidad para tres herramientas, que se hace parte de un proyecto mayor que tiene como finalidad la reconversión tecnológica de un torno paralelo convencional a CNC y automatizarlo de tal manera que quede con características similares a uno de tipo industrial.

El sistema servoasistido debe contener una torreta portaherramientas con capacidad para 3 herramientas de corte tipo revolver que sean controladas por un mando electrónico incorporado en el computador del CNC, además se debe incorporar un reductor de velocidad quien transmita movimiento rotacional hacia la torreta y le pueda restringir la dirección de giro así como el posicionamiento ordenado desde el control numérico; por último el sistema debe contener un servomotor que sea quien genere la potencia necesaria para que ésta sea transmitida por medio del reductor a la torreta portaherramientas, este motor recibirá la señal directamente del control numérico.

En el proceso de diseño se tomó como base una torreta portaherramientas del torno CNC Emco Concept Turn 55, cuyas dimensiones son similares a las del torno paralelo que se encuentra en los talleres de la IUPB y que se pretende automatizar.

En este trabajo se detalla el proceso de diseño, selección de componentes y fabricación de ellos así como la compra de los que son comerciales por medio de

planos técnico donde se incluyen cada una de la especificaciones con que serán
construidos y comprados.

Se utiliza la herramienta de modelado paramétrico Autodesk Inventor Professional
2012, como ayuda en el proceso de diseño y modelamiento de componentes
previo a la construcción donde se simula el funcionamiento real del sistema
servoasistido.

Palabras claves: Automatización, CNC, elementos de fijación, herramienta de
corte, máquina herramienta, mecanizado, metal, polímero, reductor de velocidad,
servomecanismo, servomotor, torno, torreta, tratamiento térmico.

ABSTRACT

This project involves the design and manufacturing of a servo-assisted system with capacity for three tools. This Project is a piece of a larger project which aims to conversion technology of a conventional CNC parallel lathe and to automate it so it remains with similar characteristics of an industrial type.

The servo-assisted system must contain a tool holder turret with a capacity for 3 cutting tools revolver type, which are controlled by a built-in CNC-computer electronic control. It also must include a speed reducer which transmits rotational movement to the turret and it can constrain the direction of the rotation such as the ordered positioning from the numerical control. Finally, the system must contain a servomotor that generates the necessary potency to be transmitted to the tool turret through the speed reducer; this engine will receive the signal directly from the numerical control.

The design process was based on a tool holder turret, part of the CNC lathe Emco Concept Turn 55, whose dimensions are similar to the parallel lathe found in the IUPB workshops and is intended to automate.

This work details the process of design, selection of components and making them as well as the purchase of those which are commercial, through technical drawings, which include each of the specifications to be built and purchased.

Parametric modeling tool Autodesk Inventor Professional 2012 is used as an aid in the design process and modeling of components prior to construction where the actual operation of the servo system is simulated.

Keywords: Automation, CNC, fasteners, cutting tools, machine tools, machining, metal, polymer, speed reducer, servomechanism, servomotor, lathe, tool turret, heat treatment.

INTRODUCCIÓN

Actualmente en los procesos industriales de fabricación de piezas por mecanizado se está masificando el uso maquinaria con sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para controlar los procesos sustituyendo a operadores humanos o reduciendo su participación, con el único objetivo de volver eficientes dichos procesos para producir más, con mayor precisión, en menos tiempo y con mayor seguridad.

La modernización de máquinas de mecanizado que no incluyen sistemas automatizados o controlados por computador es una opción posible para quienes las posean y quieran con la incorporación de nuevas tecnologías a los mecanismos de estas, renovarlas tecnológicamente y dejarlas tan modernas como las nuevas que incluyen sistemas computarizados volviéndolas eficientes, precisas y más seguras.

En la Institución Universitaria Pascual Bravo está en proceso un proyecto para la reconversión tecnológica de un torno convencional para que sea controlado por computadora y dejarlo lo más funcional posible a cualquier torno CNC industrial disponible en el mercado.

Con la realización de este trabajo se pretende aportar a la reconversión tecnológica del torno mencionado, por medio del diseño y construcción de una torreta servoasistida con capacidad para 3 herramientas de corte, que se acoplara a la estructura del torno para que otros estudiantes continúen la automatización

diseñando y construyendo nuevos elementos que luego se ensamblaran con los existentes terminando el proyecto general.

En la Institución Universitaria Pascual Bravo está en proceso un proyecto para la reconversión tecnológica de un torno convencional para que sea controlado por computadora y dejarlo lo más funcional posible a cualquier torno CNC industrial disponible en el mercado.

Con la realización de este trabajo se pretende aportar a la reconversión tecnológica del torno mencionado, por medio del diseño y construcción de una torreta servoasistida con capacidad para 3 herramientas de corte, que se acoplará a la estructura del torno para que otros estudiantes continúen la automatización diseñando y construyendo nuevos elementos que luego se ensamblaran con los existentes terminando el proyecto general.

1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La Institución Universitaria Pascual Bravo cuenta en el laboratorio de máquinas y herramientas con un torno convencional paralelo, al cual se le está realizando una reconversión tecnológica para que sea controlado por un sistema automatizado; es decir, convertirlo de convencional a CNC. Este proyecto de reconversión tecnológica se está desarrollando por etapas, las cuales se llevan a cabo por grupos de estudiantes de diferentes tecnologías que convertirán cada una de estas en un proyecto para aplicar el conocimiento adquirido y a la vez como propuesta de trabajo de grado.

En el laboratorio de metrología de la IUPB se tiene un torno CNC que requiere reparación, el cual es difícil y costoso reparar por su antigüedad y poca disponibilidad de repuestos en el mercado nacional. Esto tiene como consecuencia que los estudiantes de las tecnologías mecánica, electromecánica, mecatrónica y aquellas que realizan prácticas de procesos de mecanizado no puedan llevar estas a cabalidad por la falta de una máquina herramienta tipo CNC funcional.

En la primera etapa realizada del proyecto se efectuó repotenciación del torno, en esta se reparó el motor, se calculó y elaboró la transmisión de potencia. Luego en la segunda etapa se calculó y fabricó la caja de velocidades, en la siguiente fase se rectificó la bancada como también se fabricaron y cambiaron elementos de sujeción.

Con este proyecto se pretende completar la cuarta fase del proyecto general que es la reconversión tecnológica de un torno convencional a CNC. Este consiste en la fabricación de una torreta con capacidad para 3 herramientas servoasistida y acoplada a un reductor mecánico de velocidad, sistema que operará por medio de instrucciones dadas desde el panel de control del torno CNC.

Al finalizar la construcción de la torreta servoasistida, esta se acoplará a la estructura del torno debidamente alineada con el plato de mordaza (usillo) para que en la siguiente fase del proyecto otro grupo de estudiantes realice la automatización y ensamble de los demás que componentes que estos crean necesarios para terminar la reconversión tecnológica, con el fin de que los estudiantes de la institución cuenten con un torno CNC funcional con características industriales para realiza las prácticas de mecanizado.

Figura 1. Torno convencional que se convertirá a CNC.¹



¹ Taller de mecánica IV IUPB [Tomada 10 de octubre de 2013]

2 JUSTIFICACIÓN

Para la Institución Universitaria Pascual Bravo (IUPB) es importante y necesario contar con un torno de control numérico CNC con características industriales para que sus estudiantes cuenten con un adecuado entrenamiento en la operación y programación de máquinas de control numérico, para que cuando estos se encuentren laborando en la industria se desempeñen con el mayor conocimiento posible en esta tecnología.

Una vez construido el sistema, este se integrará al torno convencional para que en la siguiente fase del proyecto, realizada por otros estudiantes, se automatice el torno. El elemento que se construirá se aplicará en el mecanizado de materiales metálicos y poliméricos con la ejecución de un programa CAM previamente ingresado en el panel de control del torno CNC.

Con la fabricación de esta torreta servoasistida con capacidad para tres herramientas y el acoplamiento con los demás elementos del torno construidos en las diferentes fases de la reconversión tecnológica del torno convencional a CNC, se contará en la institución con una máquina-herramienta funcional donde se podrán realizar las diferentes prácticas de los estudiantes permitiendo así que estos reciban un adecuado entrenamiento y conocimientos básicos integrales en la operación de máquinas CNC.

En la realización de este proyecto se implementará un servomotor con bajo consumo de energía, así mismo con la documentación de este trabajo se facilitará

a otros estudiantes la posibilidad de realizar reconversiones tecnológicas de otras máquinas herramientas convencionales que se encuentran en la institución

Figura 2. Torno convencional.²



Figura 3. Torno CNC de la Institución Universitaria Pascual Bravo.³



²⁻³ Taller de mecánica IV IUPB [Tomada 10 de octubre de 2013]

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL:

Construir un sistema servoasistido de torreta con capacidad de 3 herramientas de corte para la reconversión de un torno convencional a CNC en la Institución Universitaria Pascual bravo.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Diseñar una torreta portaherramientas con capacidad para 3 herramientas de corte para ser adaptada a un torno paralelo convencional de la IUPB que se pretende automatizar.
- Fabricar la torreta con capacidad para 3 herramientas por medio de procesos de mecanizado.
- Construir un reductor de velocidad mecánico utilizando operaciones de maquinado para el acoplamiento de la torreta portaherramientas.
- Dibujar los planos de la torreta, el reductor de velocidad y el ensamble del sistema servoasistido con el programa de diseño asistido por computador Autodesk Inventor Professional 2012.

- Seleccionar el tipo y tamaño del servomotor que garantice al sistema un funcionamiento óptimo en cuanto a velocidad y potencia.

4 MARCO DE TEÓRICO

4.1 PROCESOS DE MECANIZADO

El mecanizado es un proceso de fabricación que comprende un conjunto de operaciones de conformación de piezas mediante la eliminación de material, ya sea por arranque de viruta o por abrasión. Se realiza a partir de productos semielaborados como lingotes u otras piezas previamente conformadas por otros procesos como moldeo o forja. Los productos obtenidos pueden ser finales o semielaborados que requieran operaciones posteriores.

Los procesos de mecanizado de piezas se dividen en: mecanizado sin arranque de viruta, por abrasión y por arranque de viruta, a su vez estos se pueden realizar de forma manual o con la acción de maquinas herramientas.

La viruta es un fragmento de material residual con forma de lámina curvada o espiral que es extraído mediante un cepillo u otras herramientas, tales como brocas, al realizar trabajos de cepillado, desbastado o perforación, sobre madera o metales. Se suele considerar un residuo de las industrias madereras o del metal; no obstante tiene variadas aplicaciones.

Figura 4. Viruta metálica.⁴



4.1.1 Mecanizado sin arranque de viruta. Todas las piezas metálicas, excepto las fundidas, en algún momento de su fabricación han estado sometidas a una operación al menos de conformado de metales, y con frecuencia se necesitan varias operaciones diferentes. Así, el acero que se utiliza en la fabricación de tubos para la construcción de sillas se forja, se lamina en caliente varias veces, se lamina en frío hasta transformarlo en chapa, se corta en tiras, se le da en frío la forma tubular, se suelda, se maquina en soldadura y, a veces, también se estira en frío. Esto, aparte de todos los tratamientos subsidiarios. La teoría del conformado de metales puede ayudar a determinar la forma de utilizar las máquinas de la manera más eficiente posible, así como a mejorar la productividad.

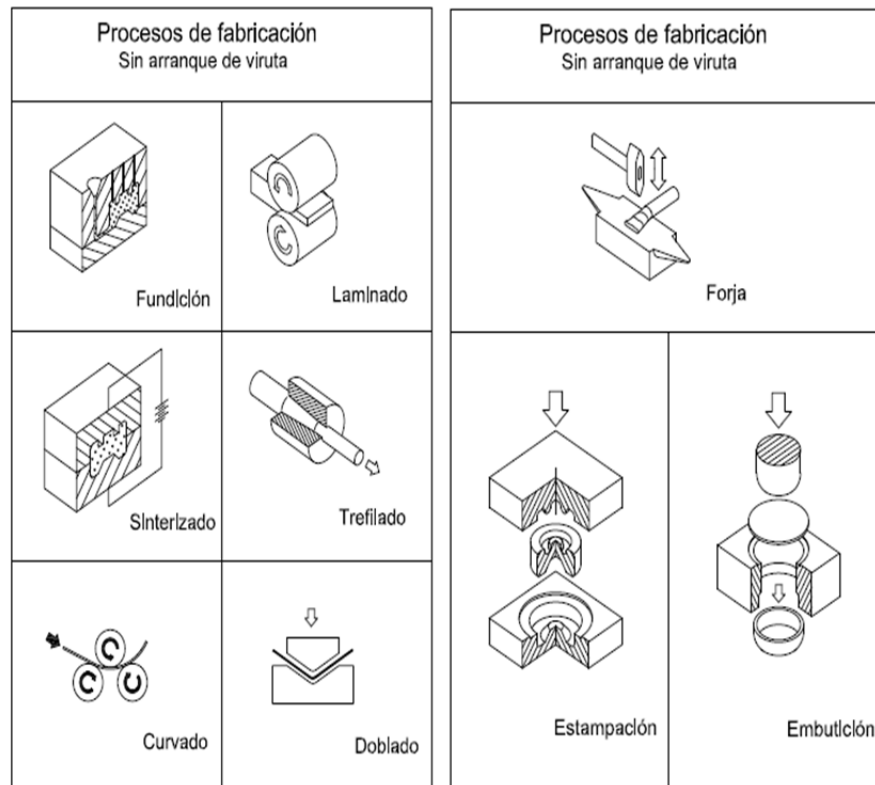
⁴ Viruta. http://es.123rf.com/photo_12070661_virutas-de-metales-pesados--rizos-cortados.html [citado 10 de octubre de 2013]

El mecanizado sin arranque de viruta se divide en:

- Sinterización.
- Laminación.
- Estampado.
- Trefilado.
- Fundición
- Extrusión
- Forja
- Doblado
- Embutido.

Estas son algunas representaciones del mecanizado sin arranque de viruta:

Figura 5. Procesos de mecanizado.⁵



4.1.2 Mecanizado por arranque de viruta. El material es arrancado o cortado con una herramienta dando lugar a un desperdicio o viruta. La herramienta consta, generalmente, de uno o varios filos o cuchillas que separan la viruta de la pieza en cada pasada. En el mecanizado por arranque de viruta se dan procesos de desbaste (eliminación de mucho material con poca precisión; proceso intermedio) y de acabado (eliminación de poco material con mucha precisión; proceso final cuyo objetivo es el de dar el acabado superficial que se requiera a las distintas

⁵ Mecanizado. <http://es.scribd.com/> [citado 10 de octubre de 2013]

superficies de la pieza). Sin embargo, tiene una limitación física: no se puede eliminar todo el material que se quiera porque llega un momento en que el esfuerzo para apretar la herramienta contra la pieza es tan liviano que la herramienta no penetra y no se llega a extraer viruta.

Según el acabado superficial con el que se ha de obtener la pieza terminada, se distinguen tres tipos de mecanizado por arranque de viruta:

- **Desbastado.** El material eliminado es del orden de milímetros o décimas de milímetros, cuya finalidad es aproximar las dimensiones de la pieza a la medida final, en el menor tiempo posible desplazando la cuchilla de corte con altas velocidades de avance y de corte.
- **Acabado.** Con el objetivo de obtener, no solo las medidas finales de la pieza, sino también poca rugosidad en la superficie, el material eliminado es del orden de centésimas de milímetro utilizando cuchillas de corte que trabajaran con velocidades de avance bajas y velocidades de corte más altas que en el desbaste.
- **Rectificado.** Con la finalidad de alcanzar medidas muy precisas y buen acabado superficial, el material rebajado es del orden de milésimas de milímetro y las velocidades de avance y de corte, con que se trabaja son muy altas, desprendiéndose partículas de material por abrasión.
- **Movimientos de corte.** En el proceso de mecanizado por arranque de material intervienen dos movimientos:

- **Movimiento principal:** es el responsable de la eliminación del material.
- **Movimiento de avance:** es el responsable del arranque continuo del material, marcando la trayectoria que debe seguir la herramienta en tal fin.

Cada uno de estos dos movimientos lo puede tener la pieza o la herramienta según el tipo de mecanizado.

4.2 MECANIZADO MANUAL

Es el realizado por una persona con herramientas exclusivamente manuales: sierra, lima, cincel, buril; en estos casos el operario maquina la pieza utilizando alguna de estas herramientas, empleando para ello su destreza y fuerza.

4.3 MAQUINAS HERRAMIENTAS

Son máquinas que se utilizan para dar forma a materiales sólidos, principalmente metales. Su característica principal es su falta de movilidad, ya que suelen ser máquinas estacionarias. El mecanizado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se puede realizar por arranque de viruta, por estampado, corte o electroerosión.

El mecanizado se hace mediante una máquina herramienta, manual, semiautomática o automática, pero el esfuerzo de mecanizado es realizado por un equipo mecánico, con los motores y mecanismos necesarios. Las máquinas herramientas de mecanizado clásicas son:

4.3.1 Taladro. El taladro es una máquina herramienta donde se mecanizan la mayoría de los agujeros que se hacen a las piezas en los talleres mecánicos. Destacan estas máquinas por la sencillez de su manejo. Tienen dos movimientos: El de rotación de la broca que le imprime el motor eléctrico de la máquina a través de una transmisión por poleas y engranajes, y el de avance de penetración de la broca, que puede realizarse de forma manual sensitiva o de forma automática, si incorpora transmisión para hacerlo.

La pieza es fijada sobre la mesa del taladro, la herramienta, llamada broca, realiza el movimiento de corte giratorio y de avance lineal, realizando el mecanizado de un agujero o taladro teóricamente del mismo diámetro que la broca y de la profundidad deseada.

Se llama taladrar a la operación de mecanizado que tiene por objeto producir agujeros cilíndricos en una pieza cualquiera, utilizando como herramienta una broca. La operación de taladrar se puede hacer con un taladro portátil, con una máquina taladradora, en un torno, en una fresadora, o en un centro de mecanizado CNC.

De todos los procesos de mecanizado, el taladrado es considerado como uno de los procesos más importantes debido a su amplio uso y facilidad de realización,

puesto que es una de las operaciones de mecanizado más sencillas de realizar y que se hace necesario en la mayoría de componentes que se fabrican.

- **Tipos de taladros.** Debido a las múltiples condiciones en las que se usan los taladros, se pueden clasificar de acuerdo a su fuente de poder, su función y su soporte.

Por su fuente de poder existen:

- Taladro Eléctrico.
- Taladro Hidráulico.
- Taladro Neumático.

Por su función existen:

- Taladro Percutor.
- Taladro Pedestal.

- Taladro Fresador.

Por su soporte:

- Taladro Magnéticos.
- Taladro de Columna.
- Taladro de Mano.

Figura 6. Taladro de banco o columna.⁶



⁶ Catalogo Ferreteria Bricolandia.es. [citado 10 de octubre de 2013]

4.3.2 Fresadora. Es una máquina herramienta utilizada para realizar mecanizados por arranque de viruta mediante el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte denominada fresa. Mediante el fresado es posible mecanizar los más diversos materiales como madera, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, superficies planas o curvas, de entalladura, de ranuras, de dentado, etc. Además las piezas fresadas pueden ser desbastadas o afinadas. En las fresadoras tradicionales, la pieza se desplaza acercando las zonas a mecanizar a la herramienta, permitiendo obtener formas diversas, desde superficies planas a otras más complejas.

En la fresadora el movimiento de corte lo tiene la herramienta; que se denomina fresa, girando sobre su eje, el movimiento de avance lo tiene la pieza, fijada sobre la mesa de la fresadora que realiza este movimiento. Es junto al torno la máquina herramienta más universal y versátil.

Debido a la variedad de mecanizados que se pueden realizar en las fresadoras actuales, al amplio número de máquinas diferentes entre sí, tanto en su potencia como en sus características técnicas, a la diversidad de accesorios utilizados y a la necesidad de cumplir especificaciones de calidad rigurosas, la utilización de fresadoras requiere de personal cualificado profesionalmente, ya sea programador, preparador o fresador.

El empleo de estas máquinas, con elementos móviles y cortantes, así como líquidos tóxicos para la refrigeración y lubricación del corte, requiere unas condiciones de trabajo que preserven la seguridad y salud de los trabajadores y eviten daños a las máquinas, a las instalaciones y a los productos finales o semielaborados.

- **Tipos de fresadoras.** Las fresadoras pueden clasificarse según varios aspectos, como la orientación del eje de giro o el número de ejes de operación. A continuación se indican las clasificaciones más usuales.

Dependiendo la orientación del eje de giro de la herramienta de corte, se distinguen tres tipos de fresadoras:

- Horizontales.
- Verticales.
- Universales.

Además de las fresadoras tradicionales, existen otras fresadoras con características especiales que pueden clasificarse en determinados grupos. Sin embargo, las formas constructivas de estas máquinas varían sustancialmente de unas a otras dentro de cada grupo, debido a las necesidades de cada proceso de fabricación.

- Fresadoras circulares.
- Fresadoras copiadoras.
- Fresadoras de pórtico.

- Fresadoras de puente móvil.
- Fresadora para madera.

Las fresadoras pueden clasificarse en función del número de grados de libertad que pueden variarse durante la operación de arranque de viruta.

- Fresadora de tres ejes.
- Fresadora de cuatro ejes.
- Fresadora de cinco ejes.

Figura 7. Fresadora universal.⁷



⁷ Catalogo Mecalux Logismarket. [citado 10 de octubre de 2013]

4.3.3 Torno. Se denomina torno a un conjunto de máquinas y herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas-herramientas operan haciendo girar la pieza a mecanizar (sujeta en el cabezal o fijada entre los puntos de centraje) mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la viruta de acuerdo con las condiciones tecnológicas de mecanizado adecuadas. Desde el inicio de la Revolución industrial, el torno se ha convertido en una máquina básica en el proceso industrial de mecanizado.

La herramienta de corte va montada sobre un carro que se desplaza sobre unas guías o rieles paralelos al eje de giro de la pieza que se tornea, llamado eje Z; sobre este carro hay otro que se mueve según el eje X, en dirección radial a la pieza que se tornea, y puede haber un tercer carro llamado charriot que se puede inclinar, para hacer conos, y donde se apoya la torreta portaherramientas.

Cuando el carro principal desplaza la herramienta a lo largo del eje de rotación, produce el cilindrado de la pieza, y cuando el carro transversal se desplaza de forma perpendicular al eje de simetría de la pieza se realiza la operación denominada refrentado.

Los tornos copiadores, automáticos y de control numérico llevan sistemas que permiten trabajar a los dos carros de forma simultánea, consiguiendo cilindrados cónicos y esféricos. Los tornos paralelos llevan montado un tercer carro, de accionamiento manual y giratorio, llamado charriot, montado sobre el carro transversal. Con el charriot inclinado a los grados necesarios es posible mecanizar conos. Encima del charriot va fijada la torreta portaherramientas.

- **Tipos de tornos.** Actualmente se utilizan en la industria del mecanizado varios tipos de tornos, cuya aplicación depende de la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y de la envergadura de las piezas.

- **Torno paralelo.** El torno paralelo o mecánico es el tipo de torno que evolucionó partiendo de los tornos antiguos cuando se le fueron incorporando nuevos equipamientos que lograron convertirlo en una de las máquinas herramientas más importante que han existido. Sin embargo, en la actualidad este tipo de torno está quedando relegado a realizar tareas poco importantes, a utilizarse en los talleres de aprendices y en los talleres de mantenimiento para realizar trabajos puntuales o especiales.

Para la fabricación en serie y de precisión han sido sustituidos por tornos copiadores, revólver, automáticos y de CNC. Para manejar bien estos tornos se requiere la pericia de profesionales muy bien calificados, ya que el manejo manual de sus carros puede ocasionar errores a menudo en la geometría de las piezas torneadas

- **Torno copiado:** Se llama torno copiado a un tipo de torno que operando con un dispositivo hidráulico y electrónico permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce una replica igual a la guía.

Este tipo de tornos se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros, que han sido previamente forjadas o fundidas y

que tienen poco material excedente. También son muy utilizados estos tornos en el trabajo de la madera y del mármol artístico para dar forma a las columnas embellecedoras. La preparación para el mecanizado en un torno copiador es muy sencilla y rápida y por eso estas máquinas son muy útiles para mecanizar lotes o series de piezas que no sean muy grandes.

Las condiciones tecnológicas del mecanizado son comunes a las de los demás tornos, solamente hay que prever una herramienta que permita bien la evacuación de la viruta y un sistema de lubricación y refrigeración eficaz del filo de corte de las herramientas mediante abundante aceite de corte o taladrina.

- **Torno revólver.** El torno revólver es una variedad de torno diseñado para mecanizar piezas sobre las que sea posible el trabajo simultáneo de varias herramientas con el fin de disminuir el tiempo total de mecanizado. Las piezas que presentan esa condición son aquellas que, partiendo de barras, tienen una forma final de casquillo o similar. Una vez que la barra queda bien sujeta mediante pinzas o con un plato de garras, se va taladrando, mandrinando, roscando o escariando la parte interior mecanizada y a la vez se puede ir cilindrando, refrentando, ranurando, roscando y cortando con herramientas de torneado exterior.

El torno revólver lleva un carro con una torreta giratoria en la que se insertan las diferentes herramientas que realizan el mecanizado de la pieza. También se pueden mecanizar piezas de forma individual, fijándolas a un plato de garras de accionamiento hidráulico.

- **Torno automático.** Se llama torno automático a un tipo de torno cuyo proceso de trabajo está enteramente automatizado. La alimentación de la barra necesaria para cada pieza se hace también de forma automática, a partir de una barra larga que se inserta por un tubo que tiene el cabezal y se sujeta mediante pinzas de apriete hidráulico.

La puesta a punto de estos tornos es muy laboriosa y por eso se utilizan principalmente para grandes series de producción. El movimiento de todas las herramientas está automatizado por un sistema de excéntricas y reguladores electrónicos que regulan el ciclo y los topes de final de carrera.

- **Torno vertical.** El torno vertical es una variedad de torno, de eje vertical, diseñado para mecanizar piezas de gran tamaño, que van sujetas al plato de garras u otros operadores y que por sus dimensiones o peso harían difícil su fijación en un torno horizontal.

Los tornos verticales no tienen contrapunto sino que el único punto de sujeción de las piezas es el plato horizontal sobre el cual van apoyadas. La manipulación de las piezas para fijarlas en el plato se hace mediante grúas de puente o polipastos.

Figura 8. Torno convencional y sus partes.⁸

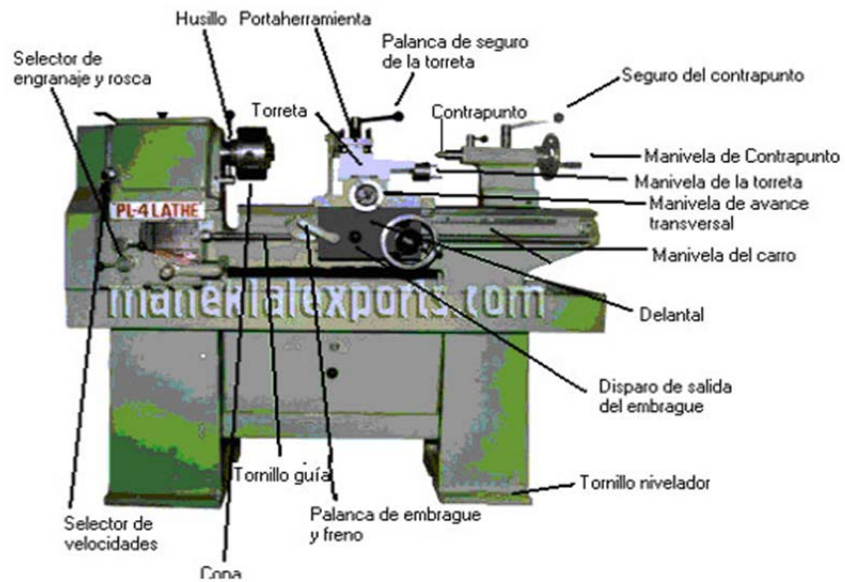
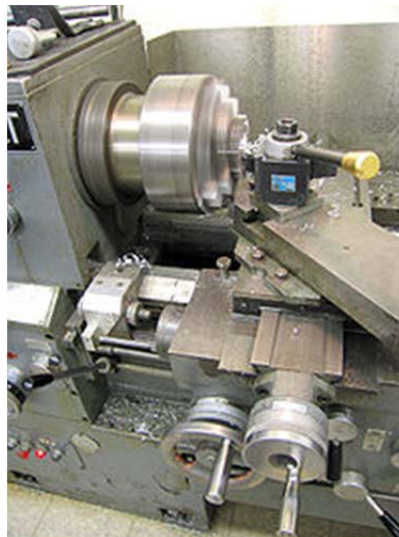


Figura 9. Torno paralelo en funcionamiento.⁹



⁸ Estructura del torno paralelo - wikispaces.com [citado 10 de octubre de 2013]

⁹ Torno Wikipedia.org [citado 10 de octubre de 2013]

Dentro del diverso mundo de máquinas herramientas, encontramos unas menos convencionales pero de gran importancia en el mecanizado como lo son:

- **Limadora:** esta máquina herramienta realiza el mecanizado con una cuchilla montada sobre el portaherramientas del carnero, que realiza un movimiento lineal de corte, sobre una pieza fijada a la mesa, que tiene el movimiento de avance perpendicular al movimiento de corte.
- **Mortajadora:** máquina que arranca material linealmente del interior de un agujero. El movimiento de corte lo efectúa la herramienta y el de avance la mesa donde se monta la pieza a mecanizar.
- **Cepilladora:** de mayor tamaño que la limadora, tiene una mesa deslizante sobre la que se fija la pieza y que realiza el movimiento de corte deslizándose longitudinalmente, la cuchilla montada sobre un puente sobre la mesa se desplaza transversalmente en el movimiento de avance.
- **Brochadora:** máquina en la que el movimiento de corte lo realiza una herramienta brocha de múltiples filos progresivos que van arrancando material de la pieza con un movimiento lineal.

4.4 CONTROL NUMÉRICO COMPUTARIZADO - CNC

El control numérico (CN) es un sistema de automatización de máquinas herramienta que son operadas mediante comandos programados en un medio de almacenamiento, en comparación con el mando manual mediante volantes o palancas.

Las primeras máquinas de control numérico se construyeron en los años 1940 y 1950, basadas en las máquinas existentes con motores modificados cuyos mandos se accionaban automáticamente siguiendo las instrucciones dadas en un sistema de tarjeta perforada. Estos servomecanismos iniciales se desarrollaron rápidamente con equipos analógicos y digitales. El abaratamiento y miniaturización de los microprocesadores ha generalizado la electrónica digital en las máquinas herramienta, lo que dio lugar a la denominación control numérico por computadora, control numérico por computador o control numérico computarizado (CNC), para diferenciarlas de las máquinas que no tenían computadora. En la actualidad se usa el término control numérico para referirse a este tipo de sistemas, con o sin computadora.

4.4.1 Principio de funcionamiento. Para mecanizar una pieza se usa un sistema de coordenadas que especificarán el movimiento de la herramienta de corte. El sistema se basa en el control de los movimientos de la herramienta de trabajo con relación a los ejes de coordenadas de la máquina, usando un programa informático ejecutado por un ordenador.

En el caso de un torno, hace falta controlar los movimientos de la herramienta en dos ejes de coordenadas: el eje de las X para los desplazamientos longitudinales del carro y el eje de las Z para los desplazamientos transversales de la torre.

En el caso de las fresadoras se controlan también los desplazamientos verticales, que corresponden al eje Y. Para ello se incorporan servomotores en los mecanismos de desplazamiento del carro y la torreta, en el caso de los tornos, y en la mesa en el caso de la fresadora; dependiendo de la capacidad de la máquina, esto puede no ser limitado únicamente a tres ejes.

4.4.2 Torno CNC. El torno CNC es un torno dirigido por control numérico por computadora. Ofrece una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada por un ordenador que lleva incorporado, el cual procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente ha confeccionado un programador conocedor de la tecnología de mecanizado en torno, siguiendo los ejes cartesianos X, Y y Z. Es una máquina que resulta rentable para el mecanizado de grandes series de piezas sencillas, sobre todo piezas de revolución, y permite mecanizar con precisión superficies curvas coordinando los movimientos axial y radial para el avance de la herramienta.

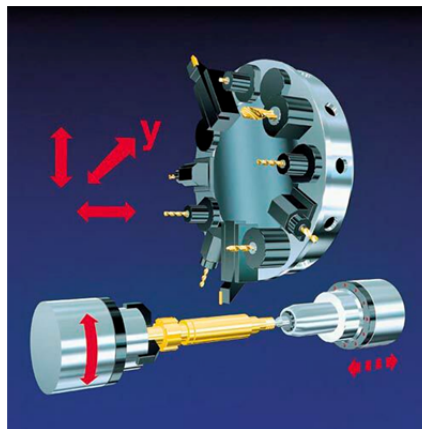
La velocidad de giro de cabezal porta piezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza están programadas y, por tanto, exentas de fallos imputables al operario de la máquina.

Un torno CNC puede hacer todos los trabajos que normalmente se realizan mediante diferentes tipos de torno como paralelos, copiadores, revólver, automáticos e incluso los verticales. Su rentabilidad depende del tipo de pieza que se mecanice y de la cantidad de piezas que se tengan que mecanizar en una serie.

- **Funcionamiento.** Los ejes X, Y y Z pueden desplazarse simultáneamente en forma intercalada, dando como resultado mecanizados cónicos o esféricos según la geometría de las piezas.

Las herramientas se colocan en **portaherramientas o torreta** que se sujetan a un cabezal que puede alojar hasta 20 portaherramientas diferentes que rotan según el programa elegido, facilitando la realización de piezas complejas.

Figura 10. Portaherramientas – Torreta.¹⁰



¹⁰ Catalogo de productos TRAUB Drehmaschinen [citado 10 de octubre de 2013]

En el programa de mecanizado se pueden introducir como parámetros la velocidad de giro de cabezal porta piezas, el avance de los carros longitudinal y transversal y las cotas de ejecución de la pieza. La máquina opera a velocidades de corte y avance muy superiores a los tornos convencionales por lo que se utilizan herramientas de metal duro o de cerámica para disminuir la fatiga de materiales.

Figura 11. Torno CNC.¹¹



4.4.3 Fresadora CNC. Las fresadoras con control numérico por computadora (CNC) permiten la automatización programable de la producción. Se diseñaron para adaptar las variaciones en la configuración de productos. Su principal aplicación se centra en volúmenes de producción medios de piezas sencillas y en volúmenes de producción medios y bajos de piezas complejas, permitiendo realizar mecanizados de precisión con la facilidad que representa cambiar de un modelo de pieza a otra mediante la inserción del programa correspondiente y de las nuevas herramientas que se tengan que utilizar así como el sistema de sujeción de las piezas.

¹¹ Torno CNC. Wikipedia.org. [citado 15 de octubre de 2013]

El equipo de control numérico se controla mediante un programa que utiliza números, letras y otros símbolos, por ejemplo, los llamados códigos G (movimientos y ciclos fijos) y M (funciones auxiliares). Estos números, letras y símbolos, están codificados en un formato apropiado para definir un programa de instrucciones para desarrollar una tarea concreta. Cuando la tarea en cuestión varía se cambia el programa de instrucciones. En las grandes producciones en serie, el control numérico resulta útil para la robotización de la alimentación y retirada de las piezas mecanizadas.

Las fresadoras universales modernas cuentan con visualizadores electrónicos donde se muestran las posiciones de las herramientas, según un sistema de coordenadas, y así se facilita mejor la lectura de cotas en sus desplazamientos. Asimismo, a muchas fresadoras se les incorpora un sistema de control numérico por computadora (CNC) que permite automatizar su trabajo. Además, las fresadoras copiadoras incorporan un mecanismo de copiado para diferentes perfiles de mecanizado.

Figura 12. Fresadora CNC.¹²



¹² Catalogo de fresadores Aries Metalworking Machines. [citado 15 de octubre de 2013]

4.5 HERRAMIENTAS DE CORTE

Se conoce como herramientas de corte a todas aquellas herramientas que funcionan a través de arranque de viruta, esto quiere decir que las herramientas de corte son todas aquellas herramientas que permitan arrancar, cortar o dividir algo a través de una navaja filosa. Estas herramientas de corte son de mucha utilidad, sobre todo en la industria, como lo son la metalmecánica, la maderera, la textil, en la construcción, etc.

4.5.1 Materiales. Este tipo de herramientas debe contar con ciertas características para poder ser utilizables y realmente eficaces en su desempeño. Las herramientas de corte deben:

- Ser altamente resistentes a desgastarse.
- Conservar su filo aun en temperaturas muy elevadas.
- Tener buenas propiedades de tenacidad.
- Tener un bajo coeficiente de fricción.
- Ser una herramienta que no necesite volverse a afilar constantemente.

- Tener alta resistencia a los choques térmicos.

Seguidamente se describen diferentes materiales utilizado para fabricar herramientas de corte

- **Acero no aleado.** Es un acero con entre 0,5 a 1,5% de concentración de carbono. Para temperaturas de unos 250 ° C pierde su dureza, por lo tanto es inapropiado para grandes velocidades de corte y no se utiliza, salvo casos excepcionales, para la fabricación de herramientas de turno. Estos aceros se denominan usualmente aceros al carbono o aceros para hacer herramientas (WS).

- **Acero aleado.** Contiene como elementos aleatorios, además del carbono, adiciones de wolframio, cromo, vanadio, molibdeno y otros. Hay aceros débilmente aleados y aceros fuertemente aleados. El acero rápido (SS) es un acero fuertemente aleado. Tiene una elevada resistencia al desgaste. No pierde la dureza hasta llegar a los 600 ° C. Esta resistencia en caliente, que es debida sobre todo al alto contenido de wolframio, hace posible el torneado con velocidades de corte elevadas. Como el acero rápido es un material caro, la herramienta usualmente sólo lleva la parte cortante hecha de este material. La parte cortante o placa van soldadas a un mango de acero de las máquinas.

- **Metal duro.** Los metales duros hacen posible un gran aumento de la capacidad de corte de la herramienta. Los componentes principales de un metal duro son el wolframio y el molibdeno, además del cobalto y el carbono. El metal duro es caro y se suelda en forma de plaquetas normalizadas sobre los mangos de la herramienta que pueden ser de acero barato. Con temperaturas de corte de

900 ° aunque tienen buenas propiedades de corte y se puede trabajar a grandes velocidades. Con ello se reduce el tiempo de trabajo y además la gran velocidad de corte ayuda a que la pieza con la que se trabaja resulte lisa. Es necesario escoger siempre para el trabajo de los diferentes materiales la clase de metal duro que sea más adecuada.

- **Cerámicos.** Estable. Moderadamente barato. Químicamente inerte, muy resistente al calor y se fijan convenientemente en soportes adecuados. Las cerámicas son generalmente deseables en aplicaciones de alta velocidad, el único inconveniente es su alta fragilidad. Las cerámicas se consideran impredecibles en condiciones desfavorables. Los materiales cerámicos más comunes se basan en alúmina (óxido de aluminio), nitruro de silicio y carburo de silicio.

4.5.2 Tipos de herramientas. Las herramientas de corte más representativas en los procesos de mecanizado y que son utilizadas en maquinas herramientas como el taladro el torno y la fresadora son las brocas, los buriles y las fresas.

- **Broca.** La broca es una pieza metálica de corte que crea orificios en diversos materiales cuando se coloca en una herramienta mecánica como taladro, berbiquí u otra máquina. Su función es formar un orificio o cavidad cilíndrica. Es la primera herramienta a utilizar cuando se quiere hacer un agujero. Tiene dos hojas de corte en la punta y una ranura helicoidal para evacuar la viruta.

Para elegir la broca adecuada al trabajo se debe considerar la velocidad a la que se debe extraer el material y la dureza del mismo. La broca se desgasta con el uso

y puede perder su filo, siendo necesario un reafilado, para lo cual pueden emplearse máquinas afiladoras, utilizadas en la industria del mecanizado.

Las herramientas de taladro giran sobre sí mismas como ocurre con la fresa. El extremo que no corta tiene forma cónica de forma que se acopla con el porta-herramientas por medio de auto-retención. Su finalidad es hacer agujeros.

Figura 13. Brocas.¹³

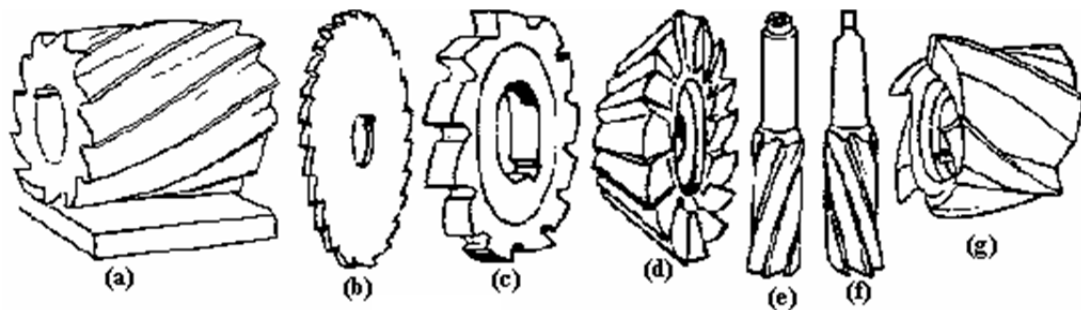


- **Fresa.** La fresa es una herramienta multicortante, es decir, está constituida por varios filos de corte dispuestos radialmente sobre una circunferencia. Al girar, la herramienta arranca de la pieza que avanza con movimiento rectilíneo, virutas de dimensiones relativamente pequeñas. Cada filo penetra la pieza como si fuese un cincel y arranca viruta en forma de coma.

La fresa es una herramienta de ángulos de filos múltiples, dispuestos simétricamente alrededor de un eje. Es de corte intermitente ya que el corte del material se efectúa cuando actúa un diente sobre la pieza, la cual disminuye cuando mayor cantidad de dientes tiene la fresa, pero nunca puede eliminarse.

¹³ Brocas.Wikipedia.org. [citado 15 de octubre de 2013]

Figura 14. Fresas.¹⁴



Existen distintos tipos de fresas, algunas de las cuales se muestran en la figura **(Fig.5.35)**, correspondiendo.

- La fresa (a) es de tipo cilíndrica con filo en su periferia, utilizada para desbaste y afinado en las máquinas fresadoras horizontales.
- La fresa (b) es una sierra circular utilizada para efectuar ranuras estrechas y cortar piezas.
- La fresa (c) corresponde a una fresa de disco de dientes rectos, se usan para fresar ranuras planas.
- La fresa (d) es de tipo frontal angular utilizada para el mecanizado de guías en ángulo.

¹⁴ Fresas de corte. <http://juliocorrea.wordpress.com/>. [citado 15 de octubre de 2013]

- Los fresas (e) y (f) son de vástago frontal de pequeños diámetros utilizadas para frentear agujeros, cantos y pequeñas superficies.
- La fresa (g) es frontal cilíndrica con dientes con filos cortantes en la periferia y en una de las caras frontales, utilizadas para trabajar superficies planas y rebajes en ángulo recto.

Las fresas están construidas de acero al carbono, acero rápido, acero extra rápido, carburos metálicos, materiales cerámicos, aleaciones no ferrosas y materiales especiales, siendo su comportamiento similar a las herramientas del torno.

- **Buril.** El buril, es una herramienta de corte que permite maquinar piezas en el torno mediante el método de arranque de viruta, está hecho de metales muy duros capaces de cortar otros metales, inclusive el acero inoxidable. Posee una barra prismática, terminada en una punta de forma variada de acero templado con un mango en forma de pomo que sirve para cortar material en frío.

Las propiedades que poseen estos materiales son diferentes, y la aplicación de cada uno depende del material por mecanizar y del estado del torno.

Los buriles se clasifican en:

- **Buriles duros.** Resistentes al desgaste, capaces de mantener una dureza al rojo durante la operación de mecanizado (la dureza al rojo es la capacidad del

material de la herramienta para mantener un borde cortante afilado, aun cuando se enrojecza debido al alto calor producido durante la operación de corte); deben ser capaces de soportar impactos durante la operación de corte, deben tener una forma geométrica de arista correctamente afilada para que puedan penetrar debidamente en la pieza.

- **Buriles de acero de alta velocidad.** Construidos de aceros aleados con tungsteno, cromo, vanadio, molibdeno y cobalto. Son capaces de realizar cortes gruesos, soportar impactos y mantener la arista o borde de corte afilado un a altas temperaturas; los buriles de alta velocidad son generalmente de dos tipos: con base de molibdeno y con base de tungsteno.

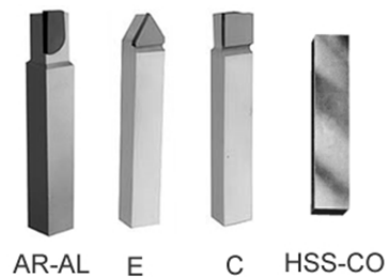
- **Buriles de carburo cementado.** Las herramientas de carburo cementado son capaces de velocidades de corte tras o cuatro veces mayores que las correspondientes a cortadores de acero de alta velocidad. Tienen baja tenacidad, pero alta dureza y excelentes cualidades de dureza al rojo El carburo cementado consiste en carburo de tungsteno sinterizado en una matriz de cobalto.

Los buriles de carburo de tungsteno sirven para mecanizar: hierro colado y materiales no ferrosos ya que forman cráteres con facilidad y se desgastan fácilmente, no son adecuados para mecanizar piezas de acero.

- **Buriles de cerámico:** construidos con material cerámico cuya propiedad es ser resistente al calor, producido sin un agente de adhesión metálico como el cobalto. El óxido de aluminio es el más utilizado en herramientas de corte cerámicas.

Los buriles de cerámico permiten mayores velocidades de corte, aumentan la duración de la herramienta y dan un mejor acabado superficial que los de carburo.

Figura 15. Buriles.¹⁵



4.6. SISTEMA SERVOASISTIDO

También llamado servomecanismo es un sistema formado de partes mecánicas y electrónicas que en ocasiones son usadas en robots, con parte móvil o fija. Puede estar formado también de partes neumáticas, hidráulicas y controladas con precisión. Ejemplos: brazo robot, mecanismo de frenos automotor, carro transversal en máquinas CNC, etc.

Un error típico es confundir un servomecanismo con un servomotor, aunque las partes que forman un servomotor son mecanismos. En otras palabras, un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes, que no permiten que el motor gire 360 grados, solo aproximadamente 180.

¹⁵ Buriles - <http://www.retefer.com/>. [citado 15 de octubre de 2013]

Es un término servomecanismo es compuesto, que viene de servus (siervo) y mecanismo (máquina) y hace referencia a ciertas máquinas que sirven de ayuda a otras más complejas es su sentido más literal. Para ser claro un servomecanismo es una máquina que puede tomar ciertas decisiones al realizar un trabajo, claro que condicionado a un grupo pequeño de variables. Es muy común pensar que un robot es un servomecanismo pero no es así, un robot está compuesto por una serie de servomecanismos que en conjunto le dan forma. Así los famosos “brazos robots” que se usan en las fábricas de automóviles son en realidad servomecanismos. Estos sistemas pueden ser simplemente mecánicos como los engranajes de un reloj o pueden incluir sistemas electrónicos que regulen su funcionamiento.

Figura 16. Servomecanismo.¹⁶



4.6.1 Servomotor. Un servomotor (también llamado servo) es un dispositivo similar a un motor de corriente continua que tiene la capacidad de ubicarse en cualquier posición dentro de su rango de operación, y mantenerse estable en dicha posición.

¹⁶ Servomotor - <http://www.kluggers.net/>. [citado 15 de octubre de 2013]

Un servomotor es un motor eléctrico que puede ser controlado tanto en velocidad como en posición.

Los servos se utilizan frecuentemente en sistemas de radio control y en robótica, pero su uso no está limitado a éstos. Es posible modificar un servomotor para obtener un motor de corriente continua que, si bien ya no tiene la capacidad de control del servo, conserva la fuerza, velocidad y baja inercia que caracteriza a estos dispositivos.

Está conformado por un motor, una caja reductora y un circuito de control. También potencia proporcional para cargas mecánicas. Un servo, por consiguiente, tiene un consumo de energía reducido.

La corriente que requiere depende del tamaño del servo. Normalmente el fabricante indica cuál es la corriente que consume. La corriente depende principalmente del par, y puede exceder un amperio si el servo está enclavado, pero no es muy alta si el servo está libre. En otras palabras, un servomotor es un motor especial al que se ha añadido un sistema de control (tarjeta electrónica), un potenciómetro y un conjunto de engranajes. Con anterioridad los servomotores no permitían que el motor girara 360 grados, solo aproximadamente 180; sin embargo, hoy en día existen servomotores en los que puede ser controlada su posición y velocidad en los 360 grados. Los servomotores son comúnmente usados en sistemas que requieren mucha precisión como lo son los tornos CNC.

Figura 17. Servomotores.¹⁷



4.7 REDUCTOR DE VELOCIDAD MECÁNICO

Toda máquina cuyo movimiento sea generado por un motor eléctrico, necesita que la velocidad de dicho motor se adapte a la velocidad necesaria para el buen funcionamiento de la máquina. Además de esta adaptación de velocidad, se deben contemplar otros factores como la potencia mecánica a transmitir, la potencia térmica, rendimientos mecánicos (estáticos y dinámicos).

Esta adaptación se realiza generalmente con uno o varios pares de engranajes que adaptan la velocidad y potencia mecánica montados en un cuerpo compacto denominado reductor de velocidad.

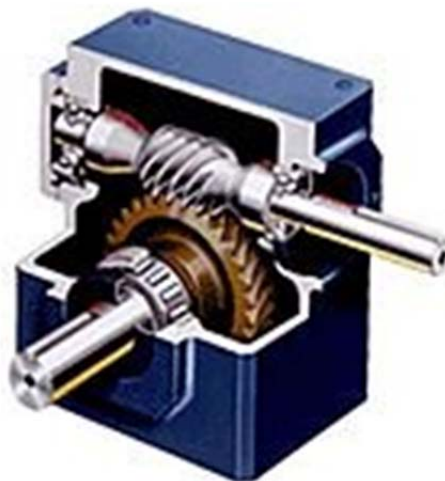
Los reductores de velocidad mecánicos se clasifican en: Reductores de velocidad de sin fin-corona, de engranajes, cicloidales y planetarios.

¹⁷ Catalogo de productos. Knights Engineering & Trading [citado 15 de octubre de 2013]

4.7.1 Reductores de velocidad de Sin fin-Corona. Es quizás el tipo de reductor de velocidad más sencillo, se compone de una corona dentada, normalmente de bronce en cuyo centro se ha embutido un eje de acero (eje lento), esta corona esta en contacto permanente con un husillo de acero en forma de tornillo sin-fin. Una vuelta del tornillo sin fin provoca el avance de un diente de la corona y en consecuencia la reducción de velocidad. La reducción de velocidad de un sinfín-corona se calcula con el producto del número de dientes de la corona por el número de entradas del tornillo sin fin.

Paradójicamente es el tipo de reductor de velocidad más usado y comercializado a la par que todas las tendencias de ingeniería lo consideran obsoleto por sus grandes defectos que son, el bajo rendimiento energético y la perdida de tiempo entre ciclos.

Figura 18. Reductor de velocidad sinfín corona.¹⁸



¹⁸ Catalogo de productos Tecnomquinaria. [citado 15 de octubre de 2013]

4.7.2 Reductores de velocidad de engranajes. Los reductores de engranajes son aquellos en que toda la transmisión mecánica se realiza por pares de engranajes de cualquier tipo excepto los basados en tornillo sin fin. Sus ventajas son el mayor rendimiento energético, menor mantenimiento y menor tamaño.

Figura 19. Reductor de velocidad de engranajes.¹⁹



4.7.3 Reductores de velocidad planetarios. Son reductores de engranaje con la particularidad de que no están compuestos de pares de sino de una disposición algo distinta, y sirve para diferentes tipos de variaciones de velocidad.

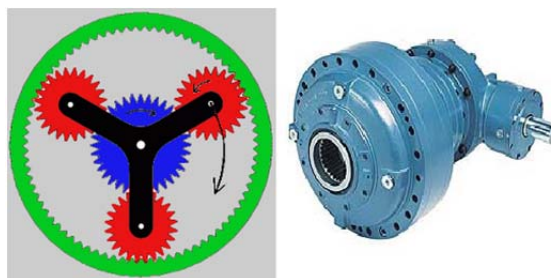
Hay dos tipos de engranajes planetarios para reducir la velocidad de la hélice con respecto a la del cigüeñal. Un sistema tiene el engranaje principal sol, fijado rígidamente a la sección delantera del motor, y una corona interna es impulsada por el cigüeñal. El piñón está unido al eje de lo que quiere mover y montado en ella una serie de piñones que cuando el cigüeñal gira, los piñones giran en torno al principal fijo, en compañía de la hélice en la misma dirección, pero a una velocidad reducida.

¹⁹ Catalogo de productos - BI-SHINE Gear LTD. [citado 15 de octubre de 2013]

Los reductores de velocidad de engranajes planetarios, interiores o anulares son variaciones del engranaje recto en los que los dientes están tallados en la parte interior de un anillo o de una rueda con reborde, en vez de en el exterior. Los engranajes interiores suelen ser impulsados por un piñón, (también llamado piñón Sol, que es un engranaje pequeño con pocos dientes). Este tipo de engrane mantiene el sentido de la velocidad angular.

Debido a que tienen más dientes en contacto que los otros tipos de reductores, son capaces de transferir / soportar más torque; por lo que su uso en la industria cada vez es más difundido. Ya que generalmente un reductor convencional de flechas paralelas en aplicaciones de alto torque debe de recurrir a arreglos de corona / cadenas lo cual vuelve no solo requiere de mas tamaño sino que también implicara el uso de lubricantes para el arreglo corona / cadena. Como cualquier reductor tienen engranajes y rodamientos, los engranajes también son afectos a la fricción y agotamiento de los dientes

Figura 20. Reductor de velocidad planetario.²⁰



4.7.4 Relación de velocidad. Los engranajes se utilizan para transmitir movimiento rotatorio de unos ejes a otros dentro de una máquina. Estos sistemas

²⁰ Reductor planetario - <http://www.aie.cl/2008-06-lureye>. [citado 16 de octubre de 2013]

se utilizan para variar la velocidad. Llamamos relación de transmisión de velocidad, al cociente entre la velocidad de salida y la velocidad de entrada en un reductor de velocidad.

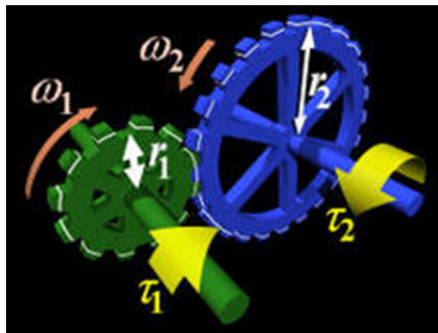
El sistema se denomina reductor si la relación de transmisión es menor que 1 y multiplicador si la relación de transmisión es mayor que 1.

$$\tau = \frac{w_2}{w_1} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

Donde:

- w_1 es la velocidad angular de entrada.
- w_2 es la velocidad angular de salida transmitida.
- Z_1 es el número de dientes del engranaje de entrada.
- Z_2 es el número de dientes del engranaje de salida.

Figura 21. Relación de velocidad en engranajes.²¹



4.8 TRATAMIENTOS TÉRMICOS

El Tratamiento Térmico involucra varios procesos de calentamiento y enfriamiento para efectuar cambios estructurales en un material, los cuales modifican sus propiedades mecánicas. El objetivo de los tratamientos térmicos es proporcionar a los materiales unas propiedades específicas adecuadas para su conformación o uso final. No modifican la composición química de los materiales, pero si otros factores tales como los constituyentes estructurales y la granulometría, y como consecuencia las propiedades mecánicas. Se pueden realizar tratamientos térmicos sobre una parte ó la totalidad de la pieza en uno ó varios pasos de la secuencia de manufactura. En algunos casos, el tratamiento se aplica antes del proceso de formado (recocido para ablandar el metal y ayudar a formarlo más fácilmente mientras se encuentra caliente). En otros casos, se usa para aliviar los efectos del endurecimiento por deformación. Finalmente, se puede realizar al final de la secuencia de manufactura para lograr resistencia y dureza.

²¹ Relación de velocidad de engranajes. Wikipedia.org. [citado 16 de octubre de 2013]

4.8.1 Etapas del tratamiento térmico. Un tratamiento térmico consta de tres etapas que se presentan a continuación:

- **Calentamiento hasta la temperatura fijada:** La elevación de temperatura debe ser uniforme en la pieza.
- **Permanencia a la temperatura fijada:** Su fin es la completa transformación del constituyente estructural de partida. Puede considerarse suficiente una permanencia de unos 2 minutos por milímetro de espesor.
- **Enfriamiento:** Este enfriamiento tiene que ser rigurosamente controlado en función del tipo de tratamiento que se realice.

4.8.2 Tipos de tratamientos térmicos. Existen varios tipos de tratamientos térmicos, pero en este marco teórico solo se detallaran tres de estos: recocido, temple y revenido, los demás solo se mencionaran. A continuación se presentan las principales características de cada uno de estos tipos de tratamientos térmicos:

- **Recocido.** Es un tratamiento térmico que normalmente consiste en calentar un material metálico a temperatura elevada durante largo tiempo, con objeto de bajar la densidad de dislocaciones y, de esta manera, impartir ductilidad.

El Recocido se realiza principalmente para:

- Alterar la estructura del material para obtener las propiedades mecánicas deseadas, ablandando el metal y mejorando su maquinabilidad.
- Recristalizar los metales trabajados en frío.
- Para aliviar los esfuerzos residuales.

Las operaciones de Recocido se ejecutan algunas veces con el único propósito de aliviar los esfuerzos residuales en la pieza de trabajo causadas por los procesos de formado previo. Este tratamiento es conocido como recocido para alivio de esfuerzos, el cual ayuda a reducir la distorsión y las variaciones dimensionales que pueden resultar de otra manera en las partes que fueron sometidas a esfuerzos.

Se debe tener en cuenta que el Recocido no proporciona generalmente las características más adecuadas para la utilización del acero. Por lo general, al material se le realiza un tratamiento posterior con el objetivo de obtener las características óptimas deseadas.

- **Temple.** El Temple es un tratamiento térmico que tiene por objetivo aumentar la dureza y resistencia mecánica del material, transformando toda la masa en Austenita con el calentamiento y después, por medio de un enfriamiento brusco (con aceites, agua o salmuera), se convierte en martensita, que es el constituyente duro típico de los aceros templados.

En el temple, es muy importante la fase de enfriamiento y la velocidad alta del mismo, además, la temperatura para el calentamiento óptimo debe ser siempre superior a la crítica para poder obtener de esta forma la martensita. Existen varios tipos de temple, clasificados en función del resultado que se quiera obtener y en función de la propiedad que presentan casi todos los aceros, llamada templabilidad (capacidad a la penetración del temple), que a su vez depende, fundamentalmente, del diámetro o espesor de la pieza y de la calidad del acero.

- **Revenido.** El Revenido es un tratamiento complementario del temple, que generalmente prosigue a éste. Después del temple, los aceros suelen quedar demasiados duros y frágiles para los usos a los cuales están destinados. Lo anterior se puede corregir con el proceso de revenido, que disminuye la dureza y la fragilidad excesiva, sin perder demasiada tenacidad.

Por ejemplo, se han utilizado estos tratamientos térmicos para la fabricación del acero de Damasco (Siglo X a.C.) y de las espadas de los samuráis japoneses (Siglo XII d.C.). Es posible obtener una dispersión excepcionalmente fina de Fe_3C (conocida como martensita revenida) si primero se temple la austenita para producir martensita, y después se realiza el revenido. Durante el revenido, se forma una mezcla íntima de ferrita y cementita a partir de la martensita. El tratamiento de revenido controla las propiedades físicas del acero.

Este tratamiento térmico consiste en calentar el acero, (después de haberle realizado un temple o un normalizado) a una temperatura inferior al punto crítico (o temperatura de recristalización), seguido de un enfriamiento controlado que puede ser rápido cuando se pretende resultados altos en tenacidad, o lentos, cuando se

pretende reducir al máximo las tensiones térmicas que pueden generar deformaciones.

Es muy importante aclarar que con la realización del proceso de Revenido no se eliminan los efectos del Temple, solo se modifican, ya que se consigue disminuir la dureza y tensiones internas para lograr de ésta manera aumentar la tenacidad.

4.9. MATERIALES DE MECANIZADO

En el proceso de fabricación de elementos mecánicos, básicamente encontramos dos tipos de materiales que son los constituyentes principales de las máquinas. Estos componentes mecánicos principalmente están elaborados de materiales metálicos y los poliméricos, que en estado bruto corresponden a la materia prima que es sometida a procesos de mecanizado para darle la forma requerida.

4.9.1 Materiales metálicos. Se definen como materiales metálicos los metales y sus aleaciones, como también sustancias inorgánicas que están constituidas por uno o más elementos metálicos; por ejemplo: hierro cobre, aluminio, níquel y titanio.

Los metales son materiales con múltiples aplicaciones que ocupan un lugar destacado en nuestra sociedad. Se conocen y utilizan desde tiempos prehistóricos, y en la actualidad constituyen una pieza clave en prácticamente todas las actividades económicas.

Los metales son materiales que se obtienen a partir de minerales que forman parte de las rocas. La extracción del mineral se realiza en minas a cielo abierto, si la capa de mineral se halla a poca profundidad, por el contrario si es profundo recibe el nombre de mina subterránea.

Los materiales metálicos se dividen en dos grupos los cuales hacen parte de los materiales de ingeniería, que son los ferrosos y los no ferrosos.

- **Materiales ferrosos.** El metal más empleado en la actualidad es el hierro en cualquiera de sus presentaciones, ya que tanto las técnicas de extracción del mineral como los procesos de obtención del metal son relativamente económicos. Minerales que contienen mucho hierro: la magnetita, la hematites, la limonita y la siderita.

El hierro es un metal de color blanco grisáceo que presenta algunos inconvenientes: se corroe con facilidad, tiene un punto de fusión elevado y es de difícil mecanizado, resulta frágil y quebradizo. Por todo ello tiene escasa utilidad; se emplea en componentes eléctricos y electrónicos.

Para mejorar sus propiedades mecánicas el hierro puro es mezclado con carbono; la fundición presenta una elevada dureza y una resistencia al desgaste.

El acero es una aleación del hierro con una pequeña cantidad de carbono. De este modo se obtienen materiales de elevada dureza y tenacidad y con una mayor resistencia a la tracción. Los aceros pueden contener otros elementos químicos, a

fin de mejorar propiedades específicas; se obtienen así los aceros aleados que son: Silicio, Manganeso, Cromo, Níquel y Wolframio.

Dentro de los elementos de máquinas que se construyen con materiales metálicos como el acero o las fundiciones, están: ejes, poleas, carcasas, tornillos, piñones, bujes, rodamientos, etc.

- **Materiales no ferrosos.** El hierro es el metal más utilizado en la actualidad. Sin embargo, algunas de sus propiedades hacen que resulte poco adecuado para determinados usos. Por ello, se utilizan otros muchos materiales metálicos no procedentes del hierro en la fabricación de elementos de máquinas.

Cobre: El cobre se obtiene a partir de los minerales cuprita, calcopirita y malaquita. Presenta una alta conductividad eléctrica y térmica, así como una notable maleabilidad y ductilidad. Es un metal blando, de color rojizo y brillo intenso. Se oxida en su superficie, que adquiere entonces un color verdoso.

Latón: Es una aleación de cobre y cinc. Presenta una alta resistencia a la corrosión y soporta el agua y el vapor de agua mejor que el cobre.

Bronce: Es una aleación de cobre y estaño. Este metal presenta una elevada ductilidad y una buena resistencia al desgaste y a la corrosión.

Aluminio: Se obtiene de la bauxita, un mineral muy escaso, motivo por lo que el cual el aluminio no se ha conocido hasta fechas relativamente recientes. Es un metal blanco y plateado, que presenta una alta resistencia a la corrosión. Es muy blando, de baja densidad y gran maleabilidad y ductilidad. Presenta una alta conductividad eléctrica y térmica.

Algunos de los elementos de máquinas que se fabrican con estos materiales son: piñones y bujes de bronce, piñones de aluminio, etc.

- **Materiales poliméricos.:** Son materiales de origen tanto natural como sintético, formados por moléculas de gran tamaño, conocidas como macromoléculas. Polímeros de origen natural son, por ejemplo, la celulosa, el caucho natural y las proteínas. Los poliésteres, poliamidas, etcétera, son grupos de polímeros sintéticos con una composición química similar dentro de cada grupo.

Elementos estructurales de las máquinas como por ejemplo empaques y sellos de caucho, son elaborados con estos materiales.

4.10 TORRETA PORTAHERRAMIENTAS

Es un elemento ubicado en el carro portaherramientas de un torno, en este dispositivo se pueden montar simultáneamente varias herramientas de corte, lo cual permite con un simple giro presentar un nuevo buril sobre la pieza.

En la torreta se insertan las diferentes herramientas que realizan el mecanizado de la pieza. Cada una de estas herramientas está controlada con un tope de final de carrera. Para cambiar de herramienta de corte en un torno convencional solo es necesario aflojar la tuerca central de sujeción y girar luego se aprieta otra vez, mientras en un torno CNC este cambio se realiza automáticamente tras haber programado la maquina.

Figura 22. Torretas. a) Convencional, b) servoasistida.²²



a)



b)

²² Disc type tool turret -Sankyo America INC. [citado 16 de octubre de 2013]

5 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

El proceso para realizar el diseño y construcción del sistema servoasistido de torreta con capacidad de 3 herramientas de corte será el siguiente: se analizará y realizarán mediciones en el torno para determinar el espacio disponible y las posibles dimensiones que tendrá el sistema torreta-reductor de velocidad mecánico.

Las medidas tomadas se utilizarán para diseñar la torreta con capacidad para tres herramientas teniendo en cuenta diseños de torretas utilizadas en tornos CNC disponibles en la industria sin llegar a la réplica.

El siguiente paso es calcular la relación de velocidad que tendrá el reductor de velocidad mecánico, las dimensiones de este según: el espacio disponible, el tamaño de la torreta y técnicas apropiadas de diseño para que éste no presente robustez. Con las dimensiones establecidas se procede a realizar los planos del sistema.

Luego de obtener los diseños de los componentes del sistema se procederá a seleccionar los materiales de construcción de cada uno según tablas técnicas donde se muestran las especificaciones y usos de los aceros de construcción de maquinarias. Después se procederá a la fabricación de estos elementos mediante mecanizado de los materiales. Por último se ensamblarán y se fijarán a la estructura del torno.

6 METODOLOGÍA

6.1 TIPO DEL PROYECTO

Este proyecto es de diseño, fabricación y selección porque se va a diseñar un nuevo sistema de posicionamiento de la herramienta de corte, luego fabricar los componentes del sistema servoasistido y seleccionar el tipo de motor que se necesita según tablas técnicas de servomotores.

6.2 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este tipo de investigación es la aplicada debido a que está dirigida al mejoramiento de una máquina-herramienta utilizando elementos tecnológicamente más avanzados que los que posee actualmente.

6.3 MÉTODO

Inductivo: Se parte de una necesidad específica que se presenta en la IUPB en lo que se refiere a la necesidad de los estudiantes de realizar sus prácticas de control numérico en una máquina CNC y va a permitir elaborar un reconversión de tecnología en un torno convencional.

6.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

6.4.1 Fuentes Primarias. Se utiliza la observación directa y entrevista a técnicos de mantenimiento de maquinaria industrial en la visita a empresas del sector metalmecánico.

6.4.2 Fuentes Secundarias. Este estudio se soporta con consultas en:

- Libros de máquinas de control numérico
- Manuales de máquinas de control numérico.
- Tesis de grados.
- Libros de diseño de elementos de máquinas.
- Videos.
- Internet.
- Normas técnicas para el diseño de elementos de máquinas.

- Bibliotecas

6.4.3 Técnicas de medición.

- Flexómetro.
- Calibrador.
- Tornillo micrométrico.
- Goniómetro.
- Tablas de selección de aceros para maquinaria.

6.5 PROCEDIMIENTO

- Toma de medidas del torno convencional.
- Diseño de la torreta con capacidad para tres herramientas de corte.
- Selección del reductor de velocidad.

- Selección de materiales con que se construirán la torreta y el reductor de velocidad.
- Fabricación de la torreta y del reductor de velocidad
- Sometimiento a tratamiento térmico a la torreta y demás componentes
- Selección del tipo de servomotor.
- Ensamble de los componentes del sistema servoasistido.

7 PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Luego de una verificación inicial e inspección realizada al torno que se requiere intervenir ubicado en el taller de mecánica IV de la **Institución Universitaria Pascual Bravo**, se evalúa su estado actual y se consulta al asesor técnico de la institución acerca de la viabilidad técnica de realizar la conversión de tecnología que se pretende implementar, se concluye su favorabilidad teniendo el aval técnico para intervención.

7.1 ESTADO ACTUAL DEL TORNO

La máquina que se intervino es un torno paralelo al cual se le hicieron modificación en su sistema de transmisión de potencia y está en etapa de automatización.

El torno se encuentra en buen estado, pintado y con sus elementos mecánicos en funcionamiento puesto que ya ha sido intervenida previamente por tratarse de un proyecto de repotenciación y automatización que se está trabajando con anterioridad.

Figura 23. Torno paralelo.²³



7.2 MEDICIÓN DEL ESPACIO DISPONIBLE EN EL TORNO

La torreta que se pretende diseñar va a estar ubicada donde anteriormente se encontraba la torreta portaherramientas original, la cual no se halla por tanto se cuanta con ese espacio disponible.

Figura 24. Ubicación de la torreta.²⁴

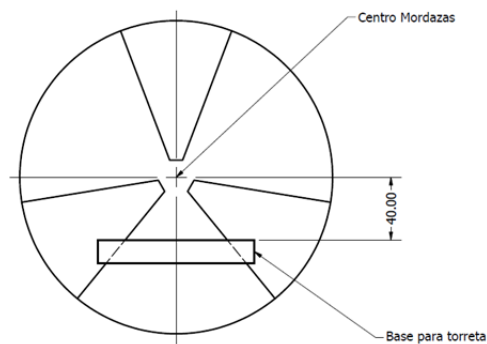


²³ Taller de mecánica IV IUPB [Tomada 10 de octubre de 2013]

²⁴ Taller de mecánica IV IUPB [Tomada 10 de octubre de 2013]

La torreta que se pretende construir no puede superar una distancia entre el elemento de corte y la base del reductor de velocidad de 40 mm, ya que esta es la medida que hay entre la base del soporte y centro de las mordazas.

Figura 25. Distancia de la base del reductor al centro de las mordazas.²⁵



7.3 SELECCIÓN DE LA TORRETA

La torreta que se construirá es de tipo revolver con capacidad para 3 herramientas de corte de tipo buril. Para esto se analizaron diferentes tipos de torretas de otras maquinas CNC y que se adaptaran en funcionalidad a los requerimientos planteados.

Dentro de las maquinas analizadas se encontró una serie de compatibilidades entre el torno paralelo de la institución y con el torno CNC Emco Concept Turn 55 cuyas dimensiones y características se presentan a continuación:

²⁵ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [1 de octubre de 2013]

7.3.1 Torno CNC Emco Concept Turn 55. El Concept TURN 55 es un torno de sobremesa CNC de 2 ejes controlado por PC conforme con las normas de la industria en cuanto a diseño y funcionamiento. Todos los procesos claves en la fabricación moderna pueden ilustrarse usando este torno e implementarse de una manera práctica y realista.

Entre sus características principales tiene:

- Diseño de bancada inclinada, estándar de la industria.
- Motores de ejes de alta resolución.
- Rotación de husillo a derechas / a izquierdas.
- Accionamiento principal sin escalones.
- Torre de herramientas automática de 8 posiciones.

Figura 26. Torno CNC Emco Concept Turn 55.²⁶



El torno de bancada Emco Concept Turn 55 posee un torreta automática de 8 posiciones intercambiables, cuyo diseño se ve a modificar para adaptarlo a nuestra torreta puesto que la que se pretende construir es de 3 posiciones.

Las medidas de la torreta del torno concept turn 55 nos indican que tiene una distancia desde la ranura porta buril hasta la base del reductor de velocidad de 32 mm, la cual resulta óptima para ser adaptada al torno paralelo que se pretende automatizar.

²⁶ Catalogo de productos EMCO Machine tools. [citado 1 de octubre de 2013]

Figura 27. Torreta de 8 posiciones.²⁷

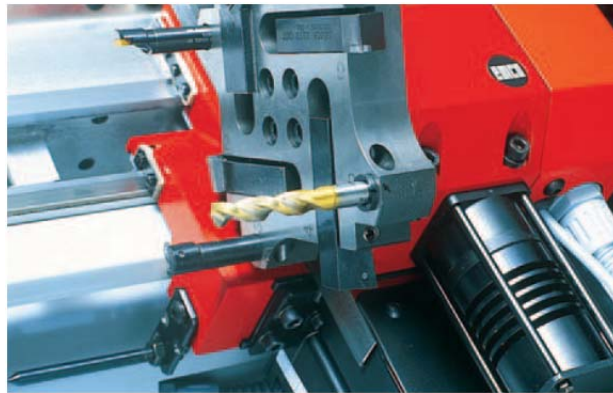
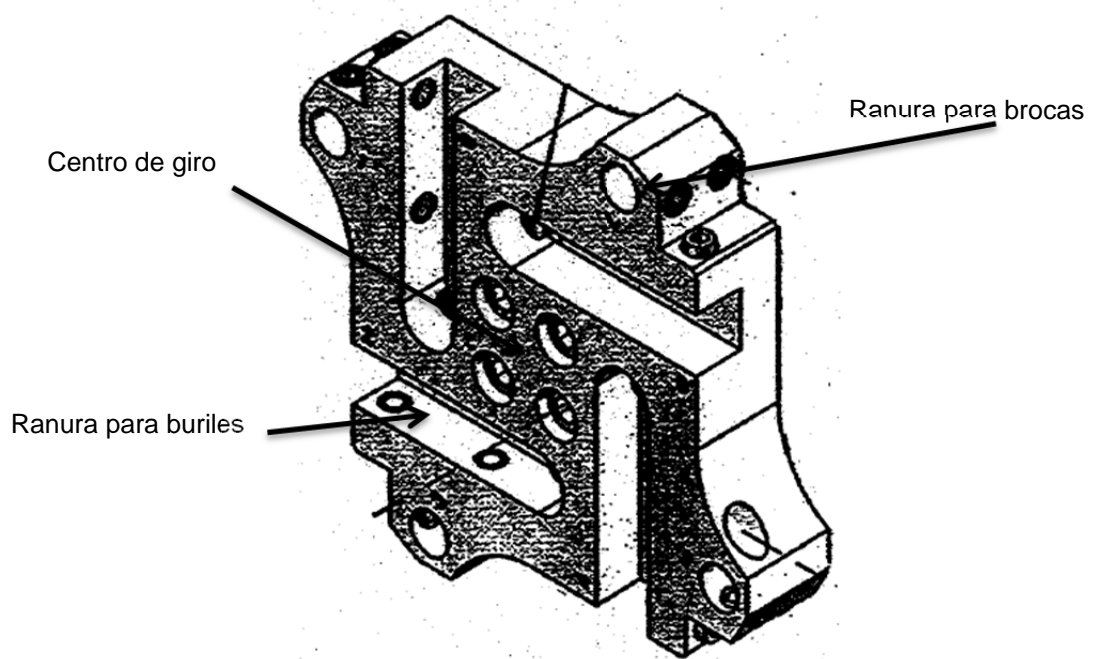


Figura 28. Torreta de 8 posiciones detallada – Ubicación de las herramientas.²⁸



²⁷ Catalogo de productos EMCO Machine Tools. [citado 1 de octubre de 2013]

²⁸ Catalogo de productos EMCO Machine Tools. [citado 1 de octubre de 2013]

Esta torreta al poseer 8 posiciones equivalentes a igual número de herramientas, que se disponen en un círculo simétricamente a 45°. Las herramientas de corte que se pueden acoplar a este elemento son, 4 buriles rectangulares que no superen los 13 mm de ancho, estos ubicados en las ranuras cuadradas. También se pueden 4 herramientas cilíndricas cuyo diámetro sea menor a 10 mm; estas pueden ser brocas o buriles.

La torreta de 8 posiciones se encuentra acoplada a un servomecanismo compuesto por un reductor de velocidad y un servomotor, elementos que actúan bajo el mando del control numérico quien por medio de comandos u órdenes seleccionan la herramienta que se requiera según la programación del operador del torno.

7.3.2 Servomecanismo. El reductor de velocidad que posee esta máquina tiene una relación de velocidad $\tau = 1:30$, ideal para el caso particular del diseño o selección del reductor de velocidad que se adaptará a la torreta del torno paralelo. Este reductor es de tipo sin fin corona y se ajusta fácilmente a lo requerido al proceso de automatización del torno paralelo de la IUPB.

Acoplado al reductor de velocidad de la torreta Emco concept 55 se encuentra un servomotor de 6 watt – 12 V, conectado al control numérico de la máquina que se encarga de recibir las órdenes del programador y a su vez transmitir potencia mecánica al reductor de velocidad para que este posteriormente este haga girar la torreta y sea ubicada la herramienta de corte en la posición requerida.

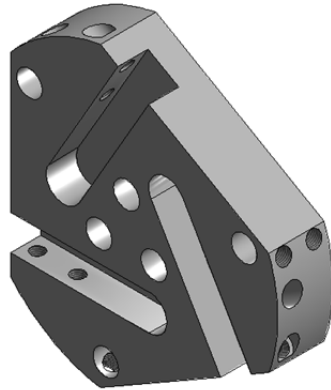
7.4 DISEÑO DE LA TORRETA PARA EL TORNO PARALELO

Para el diseño de la torreta se tomó la decisión de replantear su funcionalidad y cambiar su diseño para que esta tenga capacidad para 6 herramientas de corte en lugar de 3 puesto que con el planteamiento original se limitaba al torno paralelo a solo utilizar herramientas de corte tipo buril, descartando la utilización de brocas y reduciendo sus funciones por no poder realizar agujeros.

Con el nuevo planteamiento se incorporan 3 posiciones más donde se pueden insertar brocas y buriles cilíndricos aumentando así la cantidad de herramientas de corte que este utilizará y por consiguiente el numero de operaciones de mecanizado.

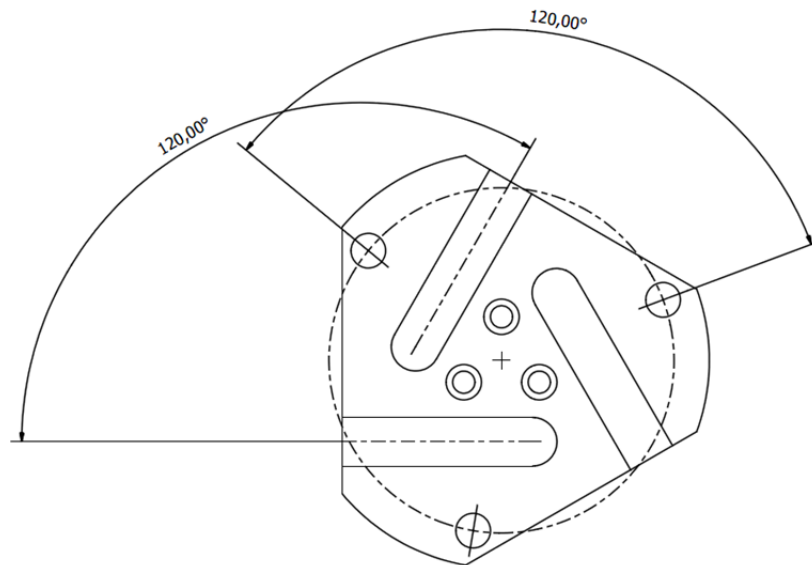
En el nuevo diseño se tuvo como base la torreta del torno CNC Emco Concept Turn 55, puesto que sus dimensiones se ajustan al espacio disponible en el torno paralelo y a las dimensiones requerías definidas por el centro de la mordaza y la base donde se ubicará la nueva torreta. Se utilizaran las mismas medidas que esta tiene en relación a la distancia del centro de giro con el inicio de la ranura donde se acoplan los buriles, igualmente se hizo con la distancia del centro giro a el centro de la broca.

Figura 29. Torreña diseñada.²⁹



Como esta torreña tiene alojamientos para 6 herramientas, estas se ubican de manera simétrica separadas 60 grados, pero intercaladas es decir los alojamientos para los buriles rectangulares están separados 120 grados al igual que los alojamientos para las brocas.

Figura 30. Vista detallada de los alojamientos de herramientas de corte.³⁰



²⁹ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [1 de octubre de 2013]

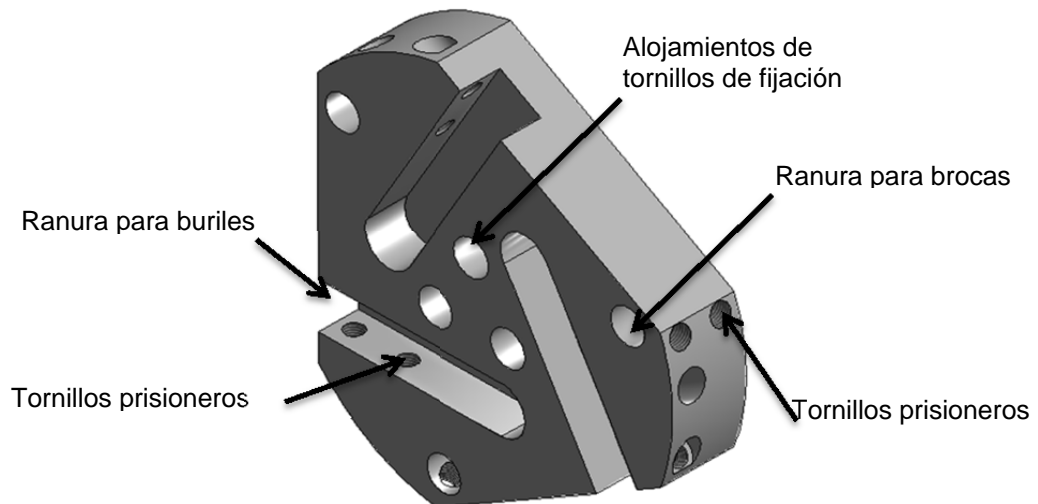
³⁰ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [1 de octubre de 2013]

Una vez planteada la geometría y medidas de la torreta para 6 herramientas, se procede a realizar el diseño en el software Autodesk Inventor Professional 2012 que es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk. El plano técnico de la torreta se puede apreciar con claridad en el anexo B.

7.4.1 Componentes. La torreta básicamente está compuesta por un bloque sólido mecanizado de acero con forma de triángulo equilátero pero con sus vértices circulares de radio 60 mm y un espesor de 22 mm, además cuenta con tres agujeros donde se incrustan los tornillos con los que se fijara al reductor de velocidad.

- **Ranura para buriles.** Esta es una ranura con perfil rectangular con terminación circular debido a la forma de la broca con que se construirá, tiene una ancho de 14mm y una profundidad de 12 mm; en ella se pueden alojar buriles con un acho máximo de 13,9 mm el cual se fijará con 2 tornillos prisioneros de 6 mm que evitaran que este se mueva durante del mecanizado.
- **Ranura para herramientas de corte cilíndricas.** Esta es una ranura circular con diámetro de 10 mm pasante, que permite que en ella se acoplen brocas o buriles cilíndricos con un diámetro menor a 10 mm que se justaran por medio de 2 tornillos prisioneros de 6 mm que evitaran que la herramienta se mueva durante el proceso de mecanizado.

Figura 31. Ranuras para herramientas de corte.³¹



7.5 DISEÑO DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

Como se mencionaba con anterioridad, la torreta portaherramientas, debe ir acoplada a un reductor de velocidad pues será este quien le transmita la potencia proveniente del servomotor para hacerla girar y ubicarla en la posición deseada.

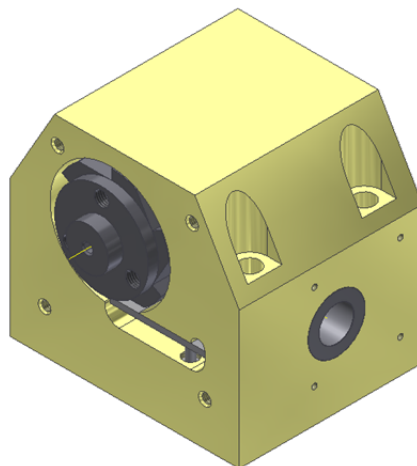
El reductor de velocidad que se pretende utilizar debe cumplir con las especificaciones de espacio que se cuenta en el torno paralelo. A estas especificaciones se adapta como mucha precisión el reductor de velocidad de velocidad que posee el torno CNC Emco Concept Turn 55. Debido al elevado precio además de los altos costos por importación de este componente que solo es vendido en Australia, Canadá y Estados Unidos, se toma la decisión de fabricar uno con las mismas características y dimensiones del original.

³¹ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [1 de octubre de 2013]

Para realizar esta tarea, se procede a desarmar el reductor se toman las medidas de cada uno de los elementos que lo componen luego se elaboran los modelos de sus componentes con la ayuda del software de diseño mecánico Autodesk Inventor Professional 2012.

En el modelado se ajustan con precisión las medidas tomadas al mismo tiempo que se verifican los ajustes y tolerancias necesarias. Se procede a realizar el ensamble de reductor, elaborar los planes de cada uno de los componentes para luego fabricar los que lo ameriten así como comprar los que son de tipo comercial.

Figura 32. Modelo del reductor de velocidad.³²

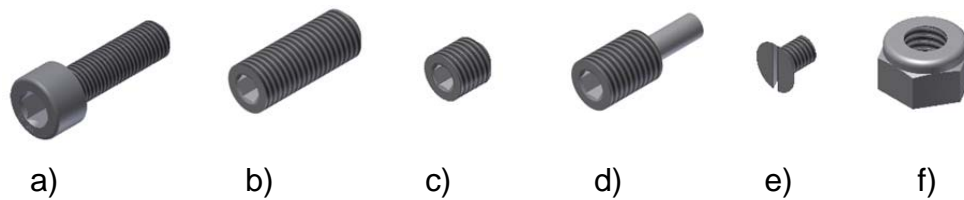


7.5.1 Componentes del reductor de velocidad. A continuación se muestran los componentes modelados que conforman el reductor de velocidad. Los detalles de estos con sus dimensiones y características se pueden apreciar en los **Anexos C al W.**

³² Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [2 de octubre de 2013]

- **Elementos de fijación.** Son una serie de piezas cuya función es la unión de la estructura mecánica de los componentes del reductor de velocidad, este contiene tornillos socket, avellanados y tuercas, todos son de tipo comercial.

Figura 33. Modelos de los elementos de fijación.³³



Los elementos de fijación de la figura X y que son parte del reductor de velocidad son:

- a) Tornillo socket M6x20.
- b) Tornillo Prisionero M6x16 y M6x8.
- c) Tornillo Prisionero M6x6.
- d) Tornillo Prisionero M6x16.

³³ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [2 de octubre de 2013]

- e) Tornillo avellanado M4x6 y M4x8.
- f) Tuerca M8.

Para detallar con más precisión estos elementos de fijación, se debe dirigir a los Anexos E al I.

- **Rodamiento 6004-2Z.** A este componente está ensamblado el eje principal y a su vez este a la carcasa del reductor, se encarga de permitir el libre giro del eje principal. Es un rodamiento rígido de bolas y sus características se detallan en el Anexo J.

Figura 34. Rodamiento 6004-2Z.³⁴



- **Lámina.** Este componente evita que el eje principal gire en sentido contrario a las manecillas del reloj y a su vez se encarga de establecer un tope al eje principal para que se ubique en la posición que se requiera que define la ubicación de la herramienta de corte en la torreta. Ver anexo K.

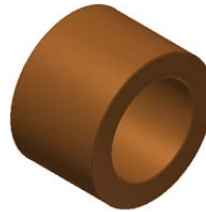
³⁴ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [3 de octubre de 2013]

Figura 35. Lámina.³⁵



- **Buje de bronce.** Dentro de este elemento gira el eje del tornillo sin fin. Va incrustado en otro eje de mayor diámetro. Ver Anexo L.

Figura 36. Buje de bronce.³⁶



- **Buje de acero.** Esta incrustado en el cuerpo del reductor y se encarga de alinear y ajustar el buje de bronce. Ver Anexo M.

Figura 37. Buje acero.³⁷



³⁵ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [2 de octubre de 2013]

³⁶ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [2 de octubre de 2013]

³⁷ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [2 de octubre de 2013]

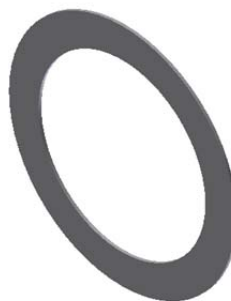
- **Tuerca eje.** Este elemento ajusta al rodamiento posterior al eje principal y a su vez cierra la cavidad trasera de la carcasa. Ver anexo Q.

Figura 38. Tuerca eje.³⁸



- **Arandela de compresión.** Esta arandela de compresión se utiliza entre el rodamiento posterior del eje principal y la carcasa ya que absorbe las fuerzas axiales que se presente en el eje evitando también que la vibración afloje la tuerca de dicho elemento. Ver anexo R.

Figura 39. Arandela de compresión.³⁹



³⁸ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [2 de octubre de 2013]

³⁹ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [4 de octubre de 2013]

- **Rodamiento 6000-2Z.** Es un rodamiento rígido de bolas, dentro del cual se inserta el tornillo sinfín permitiendo que este gire libremente ante la acción del motor. Ver anexo S.

Figura 40. Rodamiento 6000-2Z.⁴⁰



- **Tapa.** La tapa lateral, cumple la función de cerrar la carcasa y evitar dejar expuesto a la intemperie el rodamiento 6000-2Z. Ver anexo T.

Figura 41. Tapa.⁴¹



⁴⁰ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [4 de octubre de 2013]

⁴¹ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [4 de octubre de 2013]

Chaveta. Este inserta entre la corona y el eje principal que deben ser solidarios entre sí en la rotación para evitar que se produzcan deslizamientos de una pieza sobre la otra. Ver anexo U.

Figura 42. Chaveta.⁴²



- **Eje principal.** La corona va acoplada a este eje por medio de la chaveta, el conjunto sinfín-corona le transmite la potencia del motor hacia el eje y a su vez este se la hace girar la torreta. Posee en la parte externa 6 trinquetes simétricamente repartidos a 60° que limitan su movimiento solo en la dirección de giro de las manecillas del reloj cuando interactúa con la lámina. Para ver en detalle sus dimensiones ver el anexo V.

Figura 43. Eje principal.⁴³



⁴² Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [4 de octubre de 2013]

⁴³ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [5 de octubre de 2013]

- **Placa de cierre.** Se encarga de cerrar la carcasa en la cara por donde sale el eje principal y se acopla la torreta para evitar que se introduzcan virutas, polvo o cualquier tipo de elemento al interior del reductor. Ver anexo W.

Figura 44. Placa de cierre.⁴⁴



- **Tornillo sin fin – corona.** Este mecanismo permite transmitir el movimiento entre árboles que se cruzan. El árbol motor coincide siempre con el tornillo sin fin, que comunica el movimiento de giro a la rueda dentada que engrana con él, llamada corona. Una vuelta completa del tornillo provoca el avance de un diente de la corona. En ningún caso puede usarse la corona como rueda motriz.

Por cada vuelta de la corona, el tornillo completa tantas vueltas como número de dientes tenga la corona. Por lo tanto, la relación de transmisión del mecanismo es simplemente:

$$\tau = 1/D$$

⁴⁴ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [5 de octubre de 2013]

Donde

τ : Relación de transmisión.

D: número de dientes de la corona.

En el caso particular del reductor de velocidad diseñado $\tau = 1/30$, $D=30$. Las especificaciones y dimensiones de estos dos elementos se pueden apreciar en el anexo C.

Figura 45. Corona.⁴⁵



Figura 46. Tornillo sinfín.⁴⁶

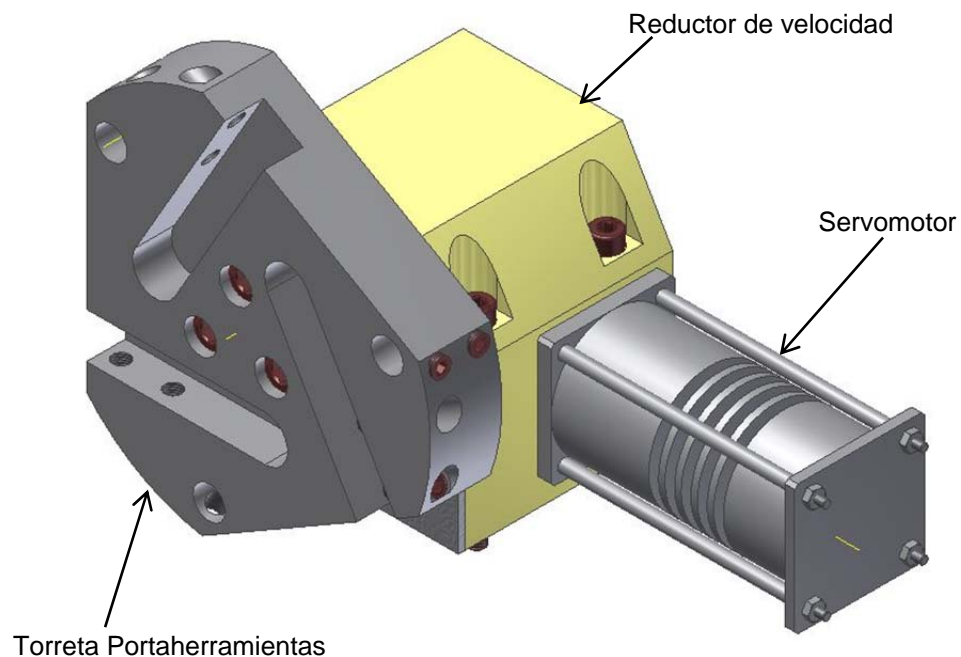


⁴⁵ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [6 de octubre de 2013]

⁴⁶ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [6 de octubre de 2013]

Una vez realizado el modelado de todos los componentes del reductor, así como la torreta, se procede a realizar el ensamble de estos, se verifica su funcionamiento para proceder a la construcción de algunos de ellos y a la compra de los que son comerciales. En el anexo A se puede apreciar con claridad el ensamble explosionado del sistema diseñado.

Figura 47. Modelado. Ensamble torreta servoasistida.⁴⁷



7.6 CONSTRUCCIÓN DE LA TORRETA

Una vez obtenidas las dimensiones de la torreta, y realizada la simulación de su funcionamiento en el programa de diseño Autodesk Inventor Professional se

⁴⁷ Dibujo realizado en Autodesk Inventor 2012. [6 de octubre de 2013]

procede con la selección del material y el tratamiento térmico que garantizará la dureza requerida para elementos de máquinas que están sometidos constantemente a fricción con materiales duros como son los buriles. La dureza que se desea alcanzar en este elemento es de 50 HRC.

7.6.1 Material. Se selecciona como material de construcción acero SAE 8620, ya que este es un acero grado maquinaria al Níquel-Cromo-Molibdeno para cementado. Ofrece muy buena dureza superficial y gran tenacidad al núcleo. El proceso de cementado se aplica para incrementar el contenido de carbón en la superficie para que con un tratamiento térmico adecuado, la superficie sea substancialmente más dura que el núcleo

7.6.2 Tratamiento térmico. El tratamiento térmico seleccionado una vez construida la torreta con el acero SAE 8620 es el proceso de Cementación por ser muy empleado en la industria metal -mecánica, usualmente en aceros tipo maquinaria.

La Cementación es un proceso que se realiza a piezas que necesiten mucha tenacidad y ductilidad en el núcleo y alta dureza y resistencia al desgaste en la capa superficial, en el caso de la torreta ésta es una propiedad muy importante pues constantemente estará sometida a fricción con herramientas de corte que superan los 30 HRC de dureza pudiéndole ocasionar daños en su superficie. La Cementación consiste básicamente en carburizar a la pieza calentándola dentro de un ambiente rico en carbono para que este se adhiera a la superficie de la pieza (máx. 1mm de la superficie al núcleo).

Una vez realizada la carburización se procede a templar y revenir el acero adquiriendo este la mayor dureza en la parte superficial en donde se encuentra el mayor contenido de carbono.

Este tratamiento térmico se realizó en la empresa TRATAMIENTOS TÉRMICOS S.A. – TRATAR, la cual cuenta con una experiencia de casi 50 años y tiene sus procesos certificados por medio de técnica de calidad ISO 9001:2008, generando una alta confiabilidad en el tratamiento realizado.

En la superficie de la torreta se le imprimen con marcas de impacto una secuencia de números del 1 al 6 en cada una de las posiciones de las herramientas para identificar su posición.

Figura 48. Torreta construida.⁴⁸



⁴⁸ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

7.7 CONSTRUCCIÓN DEL REDUCTOR DE VELOCIDAD

Con las dimensiones de cada uno de los componentes previamente modelados, se procede a realizar de la fabricación de algunos de ellos y la compra de los que son comerciales.

7.7.1 Componentes comerciales. Todos estos elementos de tipo comercial fueron comprados según las referencias obtenidas en el catalogo de mantenimiento del torno CNC Emco Concept Turn 55.

- **Elementos de fijación.** Para ver sus características y cantidades ir a los anexos del E al I.

Figura 49. Elementos de fijación.⁴⁹



⁴⁹ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

- **Rodamiento 6004-2Z.** Ver anexo J.

Figura 50. Rodamiento 6004-2Z.⁵⁰



- **Arandela de compresión.** Especificaciones en anexo R.

Figura 51. Arandela de compresión.⁵¹



⁵⁰ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

⁵¹ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

- **Rodamiento 6000-2Z.** Especificaciones en anexo S.

Figura 52. Rodamiento 6000-2Z.⁵²



- **Chaveta.** Especificaciones en anexo U.

Figura 53. Chaveta.⁵³



⁵² Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

⁵³ Propia. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

7.7.2 Componentes fabricados. Los siguientes elementos fueron fabricados.

- **Lámina.** Fabricada en acero SAE 8620, según planos del anexo K.

Figura 54. Lámina.⁵⁴



- **Tuerca eje.** Material: Acero SAE 8620. Ver anexo Q.

Figura 55. Tuerca eje⁵⁵



⁵⁴ Propia. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

⁵⁵ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

- **Tapa.** Material: Acero SAE 8620. Ver anexo T.

Figura 56. Tapa.⁵⁶



- **Eje principal.** Material: Acero SAE 8620. Recibe el mismo tratamiento que la torreta, cementado – templado – revenido. Ver anexo V.

Figura 57. Eje principal.⁵⁷

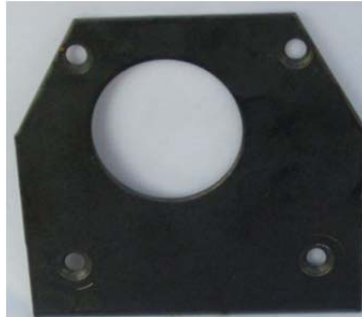


⁵⁶ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

⁵⁷ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

- **Placa de cierre.** Material: Acero SAE 8620. Mecanizada por medio con sierra y troquelado el agujero. Ver anexo W.

Figura 58. Placa de cierre.⁵⁸



- **Tornillo sin fin.** Material: Acero SAE 8620. Este elemento recibe el mismo tratamiento que la torreta, cementado – templado – revenido. Es mecanizado en torno paralelo según especificaciones del anexo C.

Figura 59. Tornillo sinfín⁵⁹



⁵⁸ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

⁵⁹ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

- **Corona.** Material: bronce SAE 63. Este es elemento es mecanizado en un torno paralelo, luego en una fresadora universal se fabrican los dientes según especificaciones del anexo C.

Figura 60. Corona.⁶⁰



7.8 SERVOMOTOR

El servomotor seleccionado es de tipo comercial y se utilizará la misma referencia del que opera el reductor de velocidad de la torreta del torno CNC Emco Concept Turn 55 (Ver anexo P); que tiene las siguientes características:

- Tipo: Servomotor.
- Voltaje: 12 Vdc.
- Potencia 6 watt.

⁶⁰ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

- Corriente: 500mA.
- Marca: Kivano.
- Referencia: A6Z 046 00

Figura 61. Servomotor⁶¹



En el anexo A se puede apreciar claramente el explosionado del ensamble de todos estos elementos, y en el anexo X el ensamble total de la torreta servoasistida.

7.9 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Obtenidos cada uno de los componentes y verificadas sus dimensiones se procedió a realizar el ensamble de estos. En el proceso de ensamble no hubo ninguna irregularidad que representara problemas.

⁶¹ Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

Ensamblado el servomotor se le realizaron la prueba de relación de transmisión donde se pudo constatar que lo proyectado en los diseños es corresponde a la realidad.

Se lubricaron cada uno de los componentes giratorios durante el ensamble para evitar el deterioro forzado de estos, reducir las perdidas y calentamiento por fricción. Como lubricante se utiliza grasa OKS 1133, ya que es ideal para engranajes que operan a bajas velocidades y bajas cargas; comúnmente utilizada en engranajes abiertos y cajas de engranajes que tienden a dejar escapar aceite; también se utilizan en engranajes que operan intermitentemente. Esta es una grasas semifluidas sintéticas particularmente adecuada para lubricar unidades de engranajes de por vida.

Cuando se verifica el sentido de giro, este se cumple tal cual fue diseñado, a su vez el trinquete posiciona la torreta en la herramienta de corte que se requiere y centrada con las mordazas del torno.

Figura 62. Torreta servoasistida.⁶²



⁶² Propiedad del autor. [Tomada 1 de Noviembre de 2013]

8 CONCLUSIONES

Con el diseño y construcción de la torreta servoasistida se logra una etapa más del proceso de reconversión tecnológica para el torno paralelo de la Institución Universitaria Pascual Bravo para que otros estudiantes realicen el proceso de automatización y se logre obtener un torno CNC con características industriales.

Con los planos de los elementos que componen el sistema servoasistido se pueden realizar planes de mantenimiento preventivos y correctivos que garanticen que este sistema pueda continuar su operación cuando se presente algún tipo de avería.

Todos los conocimientos obtenidos en el proceso de aprendizaje de la tecnología se aplicaron en la realización de este proyecto; la metrología fue una herramienta fundamental para utilizar a cabalidad el diseño de elementos de maquinas que con las herramientas de modelado de mecanismos y el mecanizado, se logró que se pudieran fabricar cada una de la partes del sistema servoasistido.

En la selección de los materiales con los que se construyeron las partes del sistema servoasistido, fueron indispensables los conocimientos que se adquirieron la materia materiales metálicos, así como los recibidos en tratamientos térmicos, pues si estas materias dentro del pensum sería improbable que se tomaran decisiones acertadas que conllevaran a buen término el funcionamiento del reductor de velocidad y la torreta.

Gracias a la adaptación de la torreta servoasistida al torno se contará en la Institución Universitaria Pascual Bravo con un torno CNC funcional para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas en mecanizado y salir a la vida laboral con un óptimo conocimiento en la fabricación de elementos mecánicos utilizando la tecnología CNC.

Todos los componentes que se utilizaron en la construcción del reductor de velocidad y de la torreta, están claramente detallados en los planos anexos al trabajo, lo que garantiza que en caso de un fallo de alguno de ellos, estos se puedan volver a fabricar con las especificaciones técnicas con que fueron diseñados, a su vez reemplazar los que son de tipo comercial con sus respectivas referencias.

Con el cambio del número de posiciones y de herramientas inicialmente planteadas en el proyecto, de 3 a 6, se logró que el torno aumentara la cantidad de operación de mecanizado que en este se pueden realizar mejorando así su funcionalidad.

9 RECOMENDACIONES

Debido a que este proyecto de grado hace parte de un proyecto general que tienen como misión convertir un torno convencional a CNC, se recomienda que los que continúen en la siguiente etapa para la automatización, deben estudiar a cabalidad lo que se ha realizado en este y los anteriores proyectos que hacen parte de este proceso.

Cuando se vaya a energizar el servomotor, se debe tener cuidado extremo de conectarla con las especificaciones descritas en el anexo que corresponde al motor puesto que un daño en este elemento traería como consecuencia un retraso en la continuidad de la automatización del torno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASTUDILLO JIMÉNEZ, Fidel. Maquinas herramientas: organización y sistemas. Medellín: Alfa y Omega, 1991. 306p.

CARAZO LÓPEZ, Marino. Maquinas herramientas: apuntes de taller. Versión 1. España: Edicions UPC, 2003. 101p.

Colaboradores de Wikipedia. Máquina herramienta [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: < http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A1quina_herramienta>

Colaboradores de Wikipedia. Mecanizado [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanizado>>

Colaboradores de Wikipedia. Reductores de velocidad [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: < URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Reductores_de_velocidad>

Colaboradores de Wikipedia. Torno [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet: <URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Torno>>

Colaboradores de Wikipedia. Tratamiento térmico [en línea]. Wikipedia, la enciclopedia libre. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet:
<URL: http://es.wikipedia.org/wiki/Tratamiento_t%C3%A9rmico>

CORREA, Julio. Máquinas herramientas [en línea]. Scribd. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en Internet:
<URL: <http://juliocorrea.files.wordpress.com/2007/09/maquinas-herramientas.pdf> >

EMCO, Machine Tools. Una máquina pequeña: Un gran impacto. CONCEPT TURN 55 [en línea]. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet:
< URL: http://www.festo-didactic.com/ov3/media/customers/1100/concept_turn_55_es.pdf>

GERLING, Heinrich. Alrededor de las máquinas-herramienta. 3 ed. Barcelona: Editorial Reverte S. A, 2006. 263p.

GRUPO WGM. Lubricantes para reductores y engranajes [en línea]. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en internet:
< URL: <http://www.wgmlubricantes.com/reductores.htm>>

ICONTEC. Trabajos escritos: presentación y referencias bibliográficas. Bogotá: Icontec, 2012 - 2013. 91p.

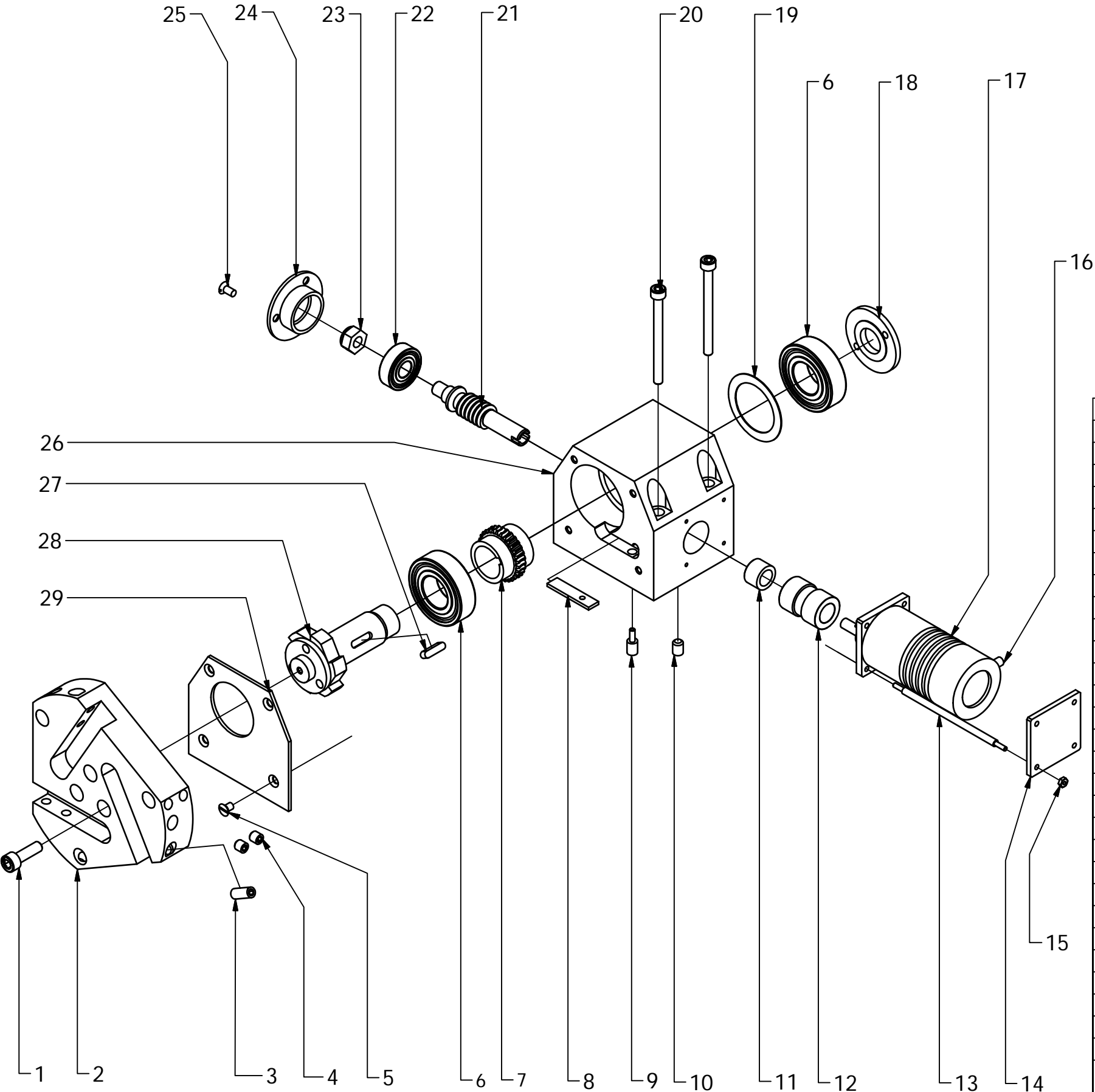
ROSSI, Mario. Maquinas, Herramientas Modernas: [Vol. 1-2]. 8 ed. México D.F. Editorial Dossat S. A, 1981. 420p.

QUINTANA, Carlos. El torneado [en línea]. Scribd. [Citado 15 de noviembre de 2013]. Disponible en Internet:

<URL: <http://es.scribd.com/doc/63876028/Torneado> >

ANEXOS

Anexo A. Ensamble de torreta en explosión



Ref.	Descrip	Cantid.	Pl.Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
1	Tornillo Socket	3	A4-01	Acero Templado	M6x20	DIN 912-6
2	Torreta	1	A3-02	Acero Templado	SAE 8620	Maquinado CNC
3	Tornillo Prisionero	6	A4-02	Acero Templado	M6x16	DIN 913 - 45H
4	Tornillo Prisionero	6	A4-02	Acero Templado	M6x6	DIN 913 - 45H
5	Tornillo Avellanado	4	A4-03	Acero Templado	M4x6	DIN 963-4.8
6	Rodamiento	2	A4-06	Acero	6004-2z	Comercial
7	Corona	1	A3-03	Bronce	SAE 63	Maquinado
8	Lámina	1	A4-07	Acero Templado	SAE 8620	Maquinado
9	Tornillo Lámina	1	A4-04	Acero Templado	Rosca M6	Comercial
10	Tornillo Prisionero	1	A4-04	Acero Templado	M6x8	DIN 913 - 45H
11	Buje	1	A4-08	Bronce	SAE 63	Maquinado
12	Buje	1	A4-09	Acero Templado	SAE 8620	Maquinado
13	Perno	4	A4-10	Acero al carbono	Rosca M2,5	Maquinado
14	Tapa Posterior Motor	1	A4-11	Acero al carbono		Comercial
15	Tuerca	4	A4-05	Acero al carbono	M2,5	DIN 934-5
16	Cable Motor	1	SIN	Cobre -PVC	1,5 Metros	SUPERFLEX PLUS SERVO 9x0,5
17	Cuerpo Motor	1	A4-12		6W - 12VDC	Comercial
18	Tuerca	1	A4-13	Acero Templado	Rosca M18	Maquinado
19	Arandela	1	A4-14	Acero Templado	6004/K2	Comercial
20	Tornillo Socket	4	A4-01	Acero Templado	M5x60	DIN 912-6.9
21	Tornillo Sin Fin	1	A3-03	Acero Templado	SAE 8620	Maquinado
22	Rodamiento	1	A4-15	Acero	6000-2Z	Comercial
23	Tuerca	1	A4-05	Acero Galvanizado	Rosca M8	DIN 980
24	Tapa	1	A4-16	Acero	SAE 8620	Sin tratamiento
25	Tornillo Avellanado	3	A4-03	Acero Templado	M4x8	DIN 963
26	Carcasa Reductor	1	A3-04	Acero Templado	AISI 1045	Maquinado CNC
27	Chaveta	1	A4-17	Acero Templado	AISI 1045	Comercial
28	Eje	1	A4-13	Acero Templado	SAE 8620	Maquinado CNC
29	Placa de Cierre	1	A4-19	Acero Templado	SAE 8620	Maquinado

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGÍA EN MECÁNICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



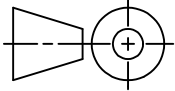
ENSAMBLE DE TORRETA EN EXPLOSIÓN

DIS: DAVIS G PEREA C

APROB: ALFONSO AGUDELO V

DIB: DAVIS G PEREA C

REV: JAVIER MEJÍA



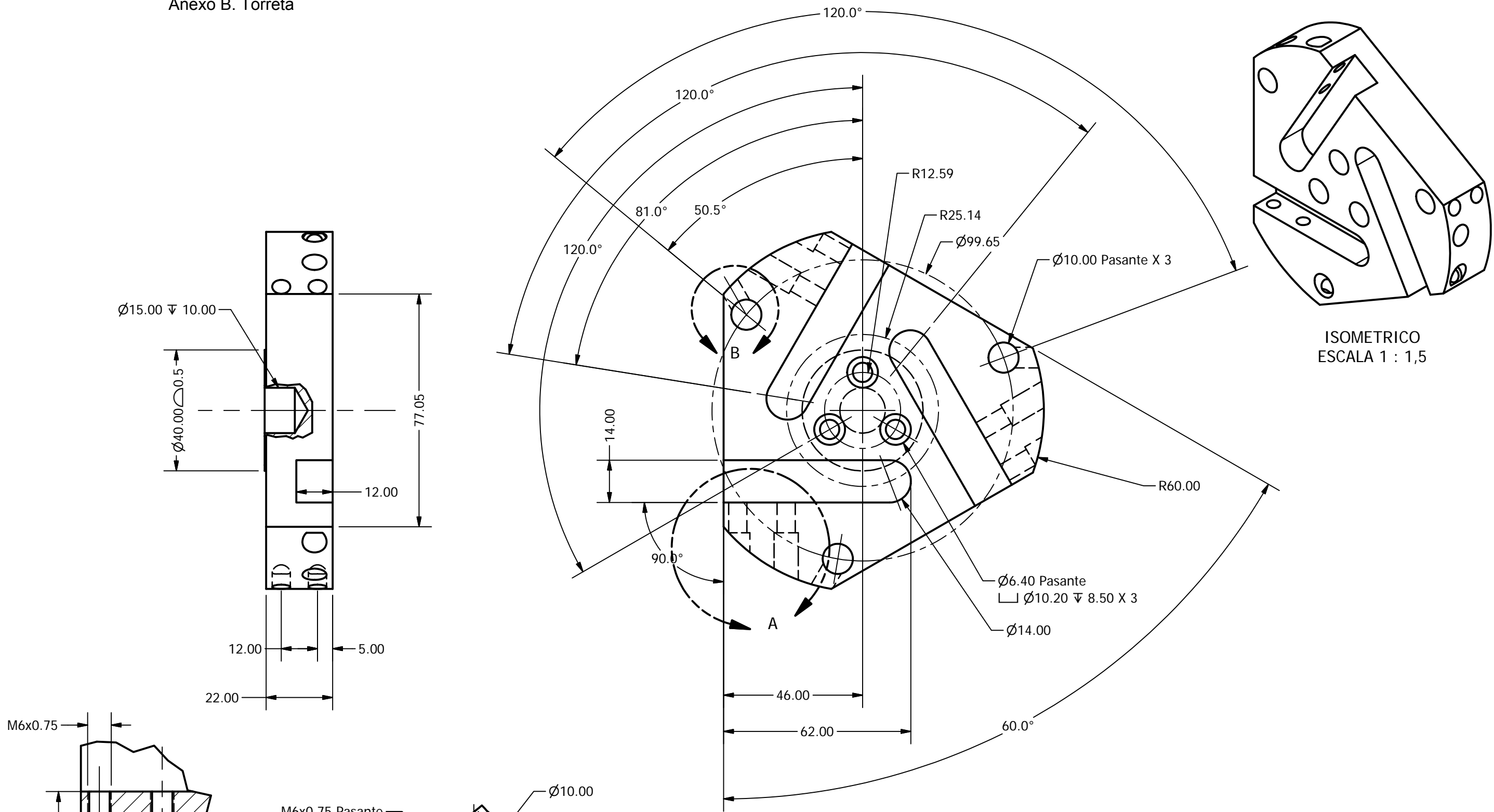
ESC: 1:2,6

FCH: 17-11-2013

OT:

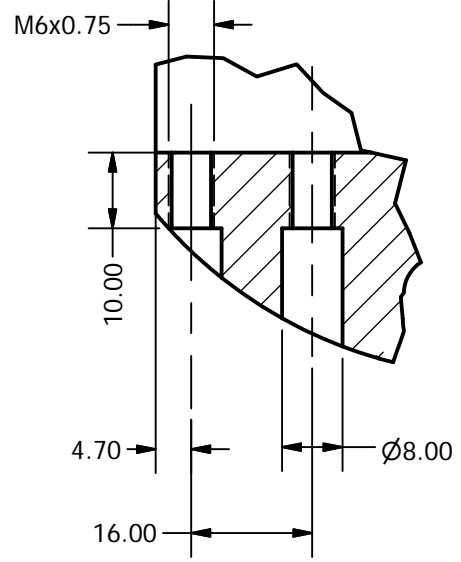
REF:

PL. No: A3-1

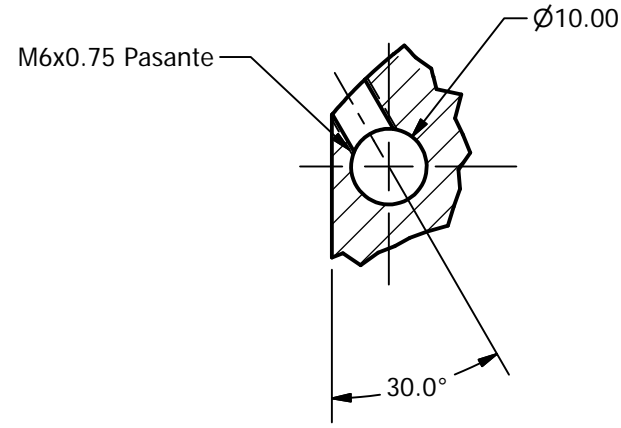


ISOMETRICO
ESCALA 1 : 1,5

UNIDADES: MILIMETROS



DETALLE A
ESCALA 1 : 1

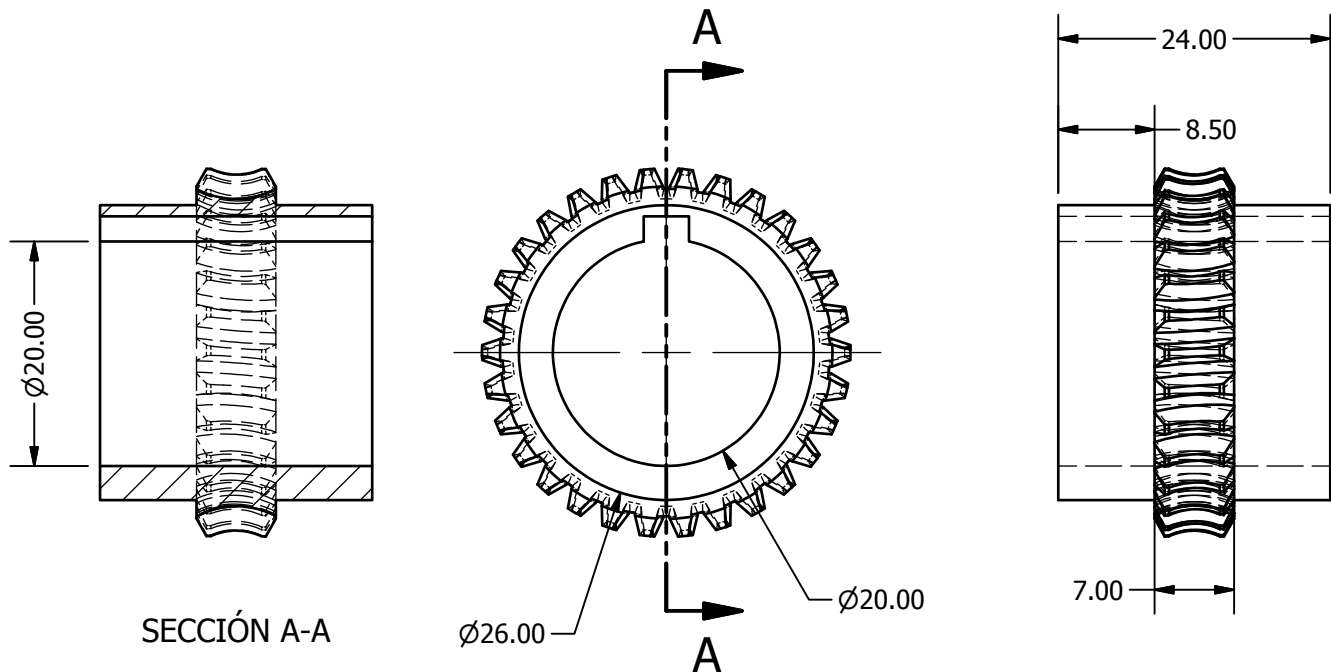


DETALLE B
ESCALA 1 : 1

Ref.	Descripcion	Cantid.	Pl.Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO						
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA						
2. TORRETA						ESC: 1:1,3
						FCH: 17-11-2013
						OT:
DIS: DAVIS G PEREA C			DIB: DAVIS G PEREA C			REF: A3-01
APROB: ALFONSO AGUDELO V			REV: JAVIER MEJIA			PL. No: A3- 02

Anexo C. Engranajes sinfín y corona

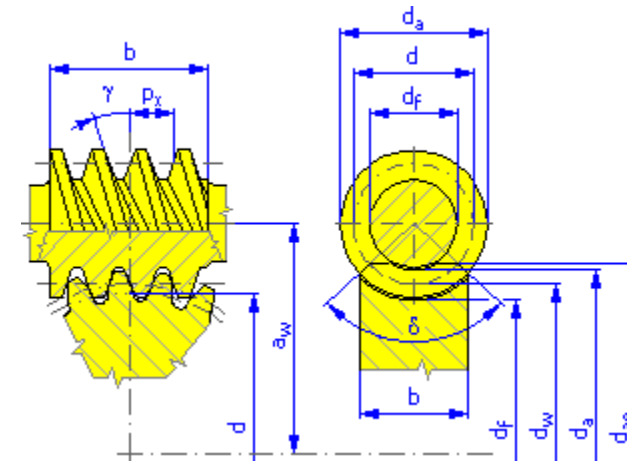
7. CORONA



SECCIÓN A-A

INFORMACION DE PROYECTO

Parámetros comunes		
Coefficiente de engranaje	i	30,000 su
Módulo	m	0,997 mm
Módulo axial	m_x	1,000 mm
Ángulo de hélice	γ	4,5739 gr
Ángulo de presión	α	19,9413 gr
Factor de diámetro del tornillo helicoidal	q	12,5000 su
Distancia al centro	a_w	21,000 mm
Separación circular del eje	p_x	3,1416 mm
Separación circular	p_n	3,1316 mm
Separación circular base	p_b	2,952 mm
Plomo	p_z	3,142 mm
Longitud del tornillo helicoidal	b_1	20,000 mm
Anchura de engranaje helicoidal	b_2	7,000 mm
Ángulo de presión axial	α_x	20,0000 gr
Ángulo base de hélice	β_b	4,2991 gr
Coefficiente de contacto	ϵ	1,8112 su
Coefficiente de contacto transversal	ϵ_a	1,6330 su
Coefficiente de solapamiento	ϵ_β	0,1783 su
Desviación límite del ángulo del eje	F_β	0,0090 mm
Juego entre dientes de garantía	j_{nmin}	0,046 mm
Desviación límite de la distancia al centro	f_a	0,028 mm



Cargas

	Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
Potencia	P	0,100 kW / 0,055 kW
Velocidad	n	1000,00 rpm / 33,33 rpm
Par de torsión	T	0,955 N m / 15,648 N m
Eficiencia	η	0,546 su
Fuerza radial	F_r	397,607 N
Fuerza tangencial	F_t	159,155 N / 1043,209 N
Fuerza axial	F_a	1043,209 N / 159,155 N
Fuerza normal	F_n	1125,576 N

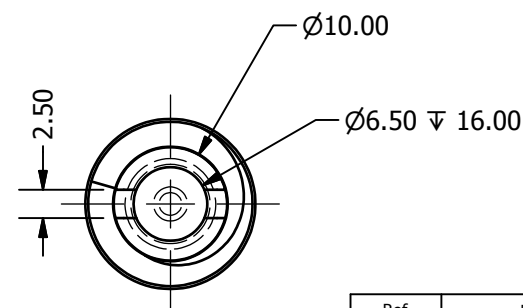
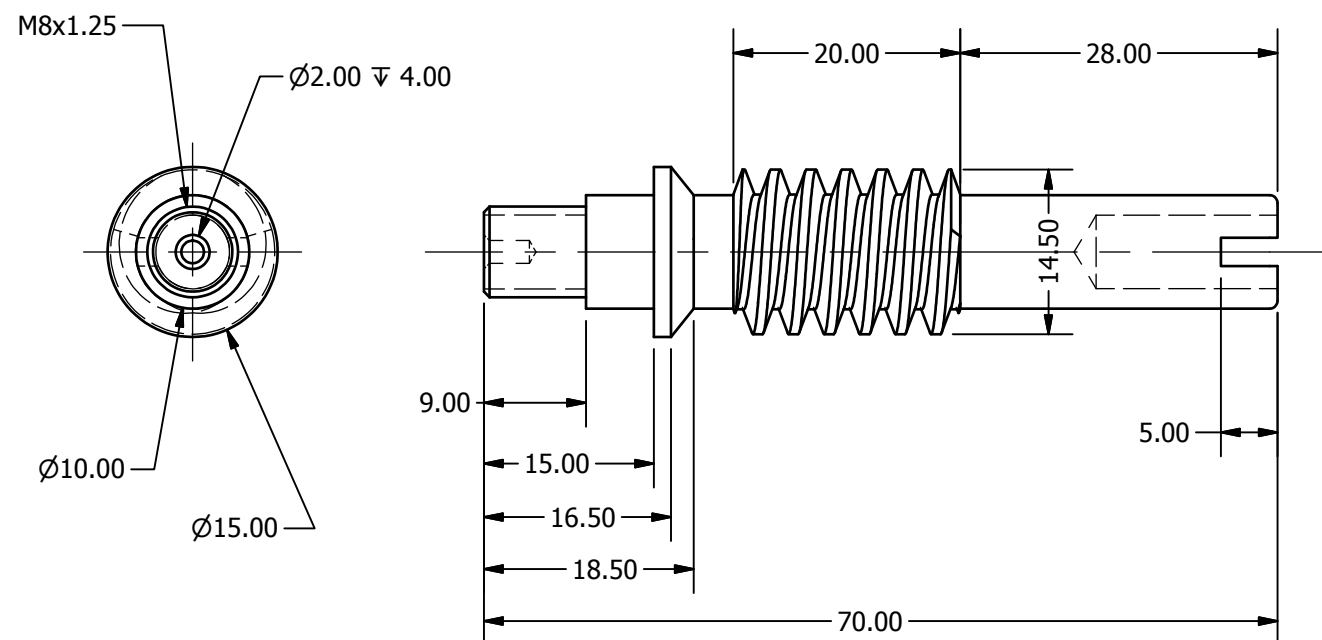
Engranajes

	Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
Tipo de modelo	Componente	Componente
Número de roscas	Z	1,000 su
Número de dientes	Z	30,000 su
Corrección unitaria	x	0,0000 su / -0,2500 su
Diámetro de separación	d	12,500 mm / 30,000 mm
Diámetro exterior	d_a	14,500 mm / 31,500 mm
Diámetro raíz	d_f	10,100 mm / 27,100 mm
Diámetro exterior	d_{ae}	32,500 mm
Diámetro de círculo base	d_b	11,746 mm / 28,191 mm
Diámetro de separación de trabajo	d_w	12,000 mm / 30,000 mm
Ángulo del chafán del engranaje helicoidal	δ	28,87 gr
Altura de cabeza del diente	a^*	1,0000 su / 1,0000 su
Juego	c^*	0,2000 su / 0,2000 su
Empalme raíz	r_f^*	0,3000 su / 0,3000 su
Grosor de diente	s	1,566 mm / 1,384 mm
Grosor axial del diente	s_x	1,571 mm / 1,389 mm
Oscilación circunferencial radial límite	F_r	0,0115 mm / 0,0250 mm

Material

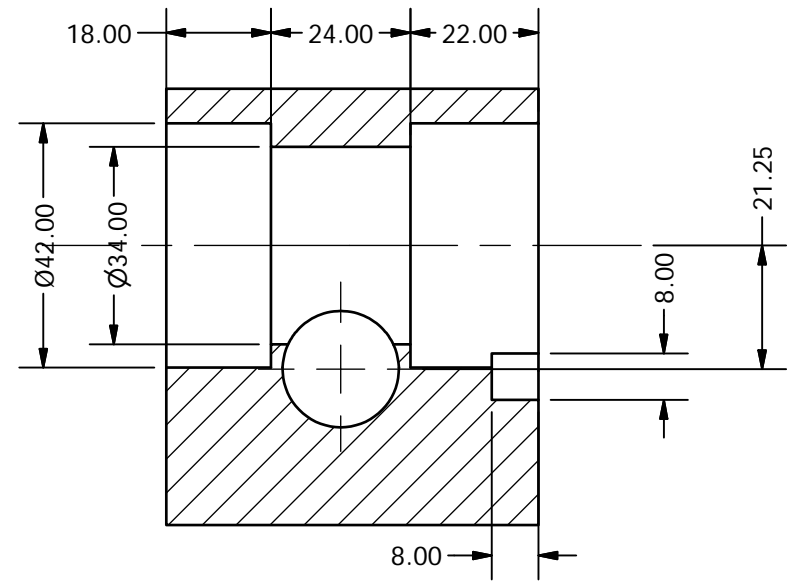
	Tornillo helicoidal	Engranaje helicoidal
	Acero templado	bronce de aluminio CuAl9Fe3
Resistencia máxima a tracción	S_u	450 MPa
Límite de elasticidad	S_y	130 MPa
Módulo de elasticidad	E	206000 MPa / 121000 MPa
Coefficiente de Poisson	μ	0,300 su / 0,320 su
Resistencia a fatiga por plegado	S_n	200,0 MPa
Resistencia a fatiga por contacto	K_w	0,9 MPa
Límite de fatiga por plegado	σ_{Flim}	150,0 MPa
Límite de fatiga por contacto	σ_{Hlim}	200,0 MPa

21. TORNILLO SINFIN

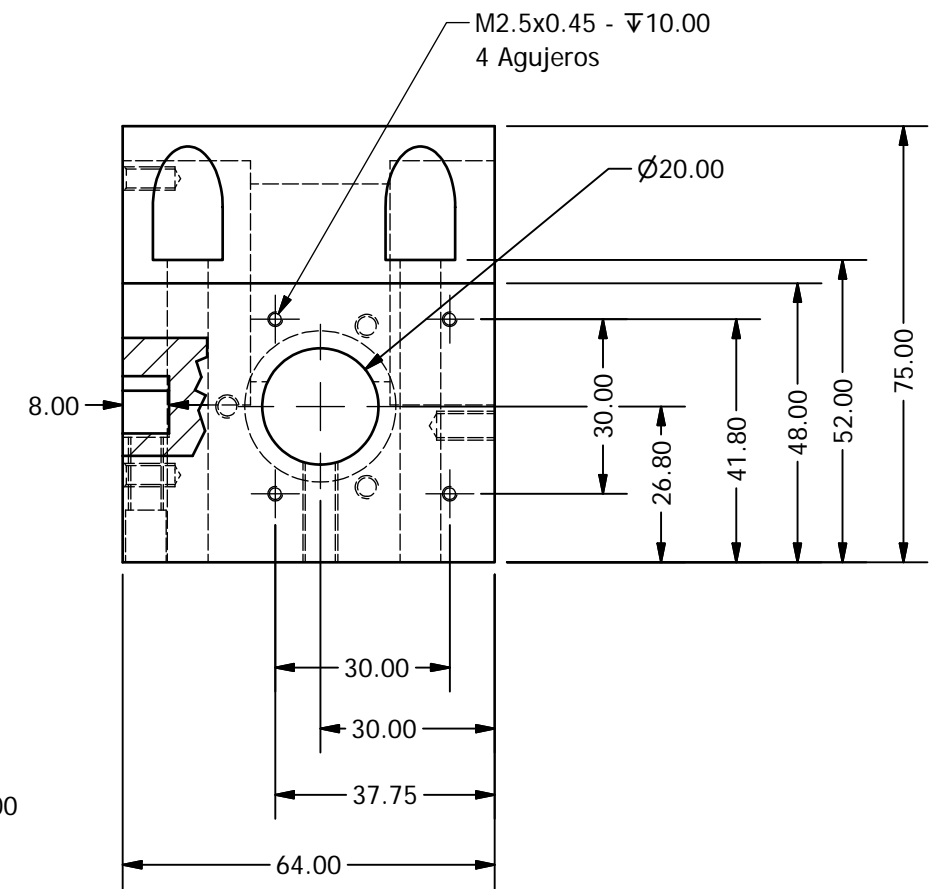
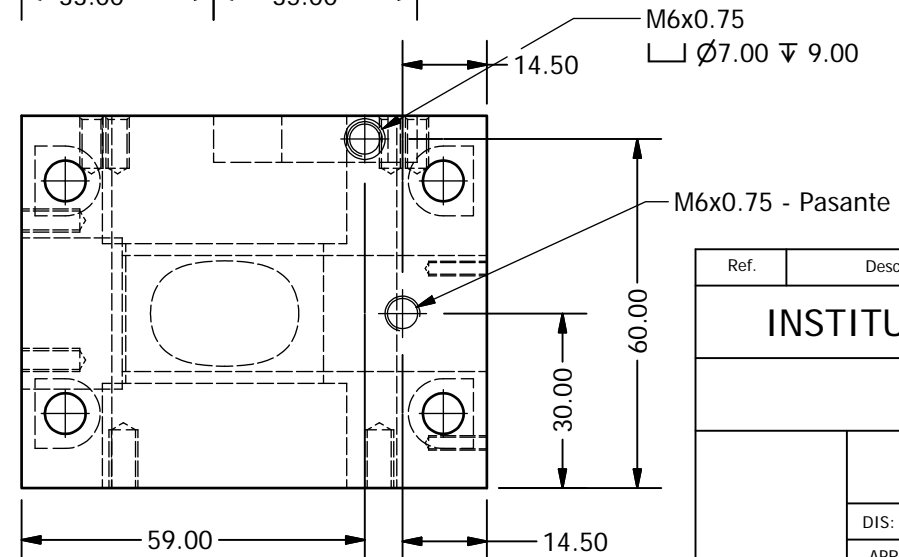
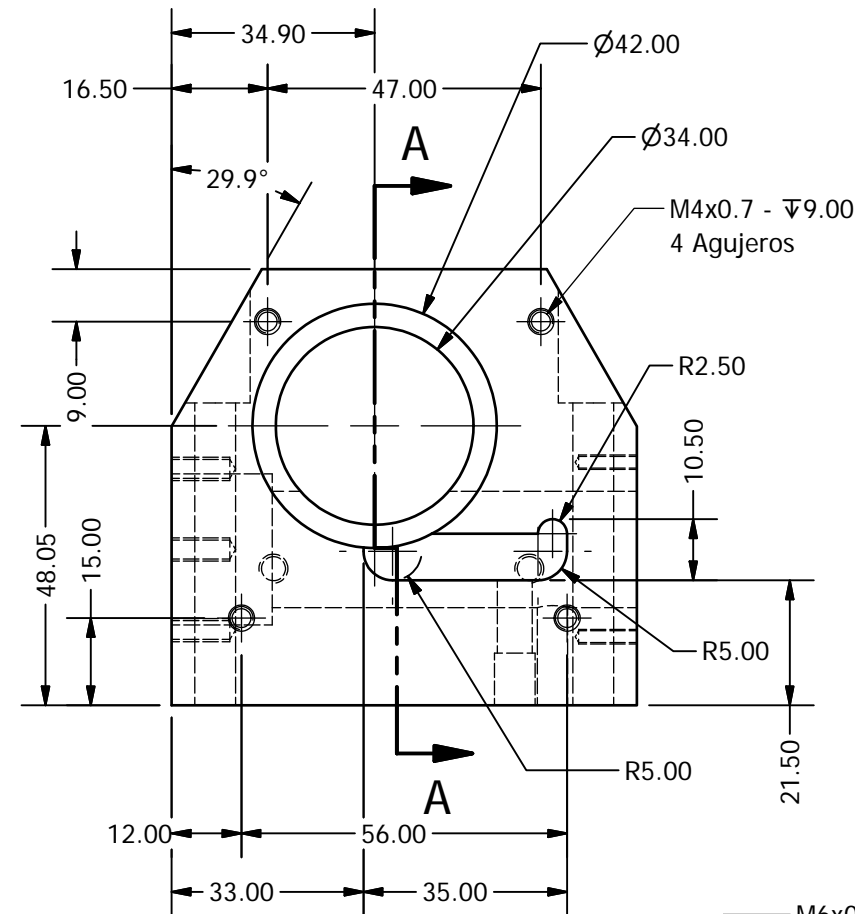
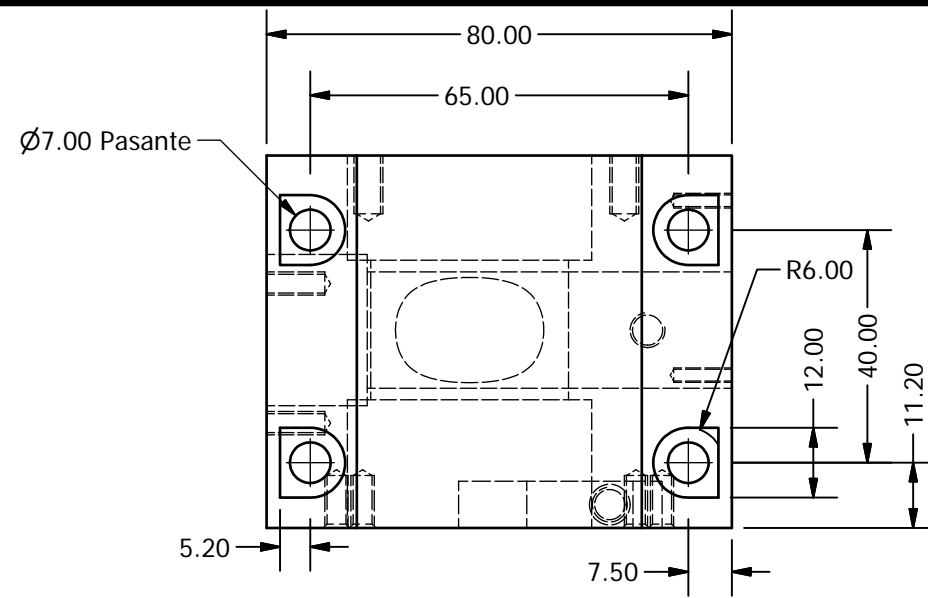
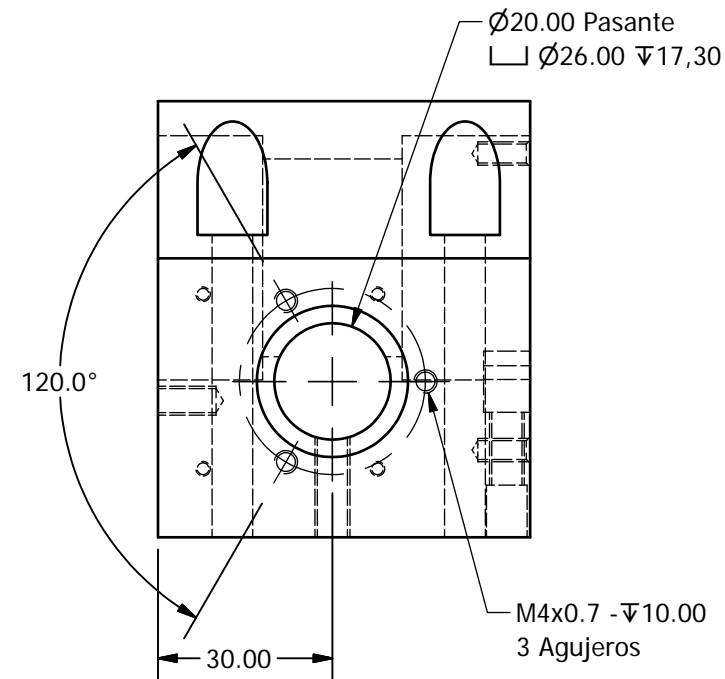


Ref.	Descripcion	Cantid.	Pl.Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO						 ESC: 1,5 : 1
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA						
7 - 21. ENGRANAJES SINFIN Y CORONA						FCH: 17-11-2013
DIS: DAVIS G PEREA C				DIB: DAVIS G PEREA C		OT:
APROB: ALFONSO AGUDELO V				REV: JAVIER MEJÍA		REF: A3-01
						PL. No: A3- 03

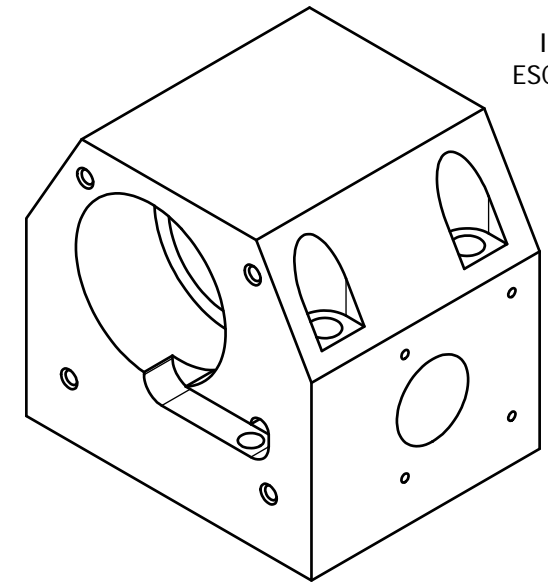
Anexo D. Carcasa reductor



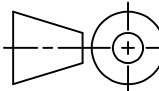
SECCIÓN A-A



Isometric ESCALA 1 : 1,5

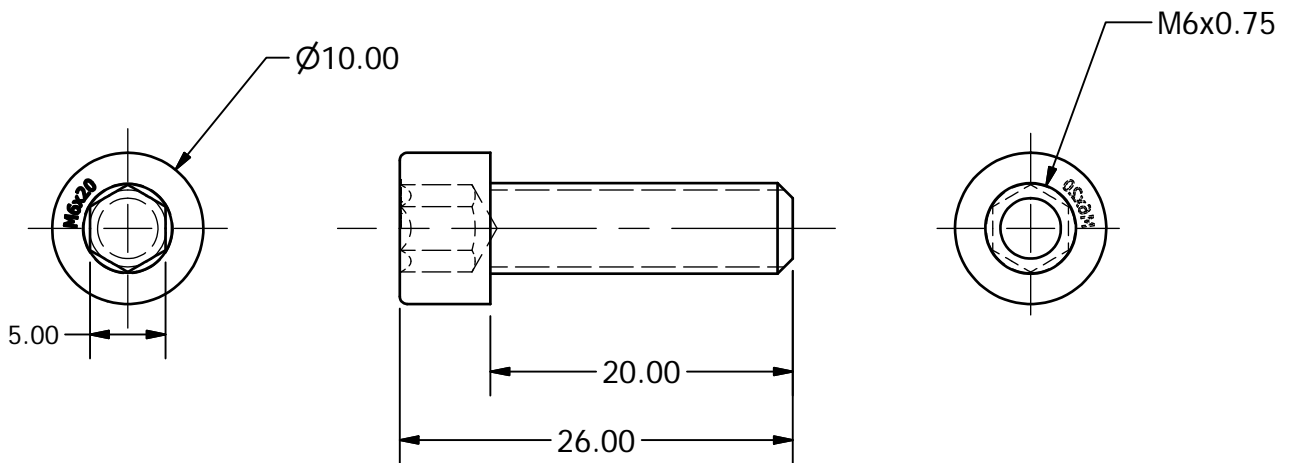


UNIDADES: MILIMETROS
MATERIAL: ACERO SAE 8620

Ref.	Descripcion	Cantid.	Pl.Ref.	Material	Especificaciones	Observaciones
INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO						 ESC: 1 : 1,3
TECNOLOGÍA EN MECÁNICA DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA						
26. CARCASA REDUCTOR						FCH: 17-11-2013
DIS: DAVIS G PEREA C APROB: ALFONSO AGUDELO V						OT:
DIB: DAVIS G PEREA C REV: JAVIER MEJIA						REF: A3-01
						PL. No: A3-04

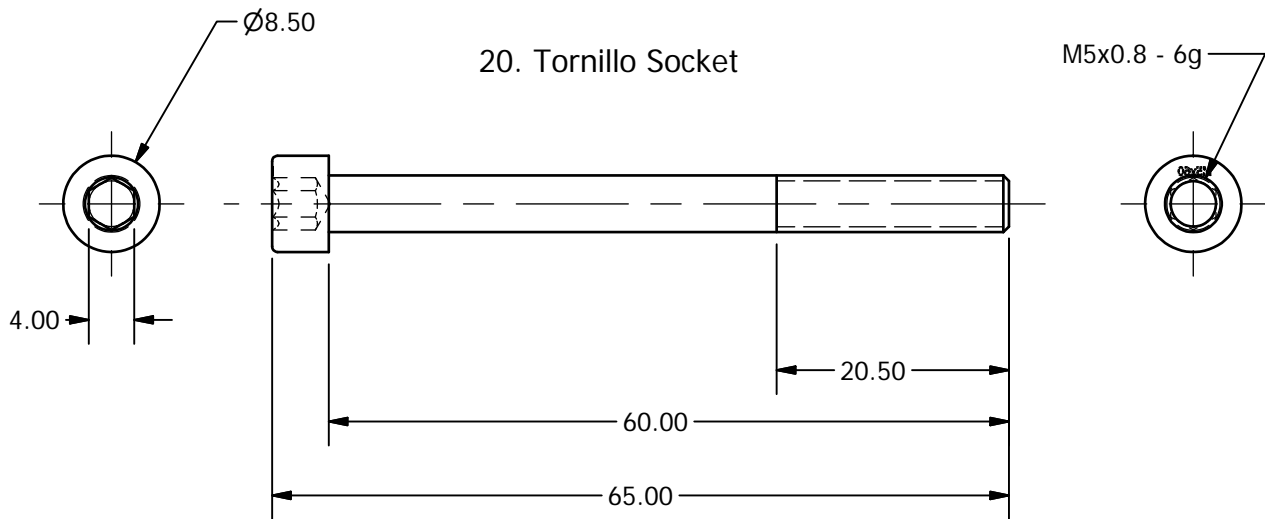
Anexo E. Tornillos socket

1. TORNILLO SOCKET M6X20



ESCALA 2 : 1

20. Tornillo Socket



ESCALA 1,5 : 1

UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

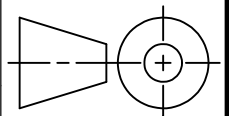


1-20. TORNILLOS SOCKET

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

UNIDADES: MILIMETROS



ESC: SIN

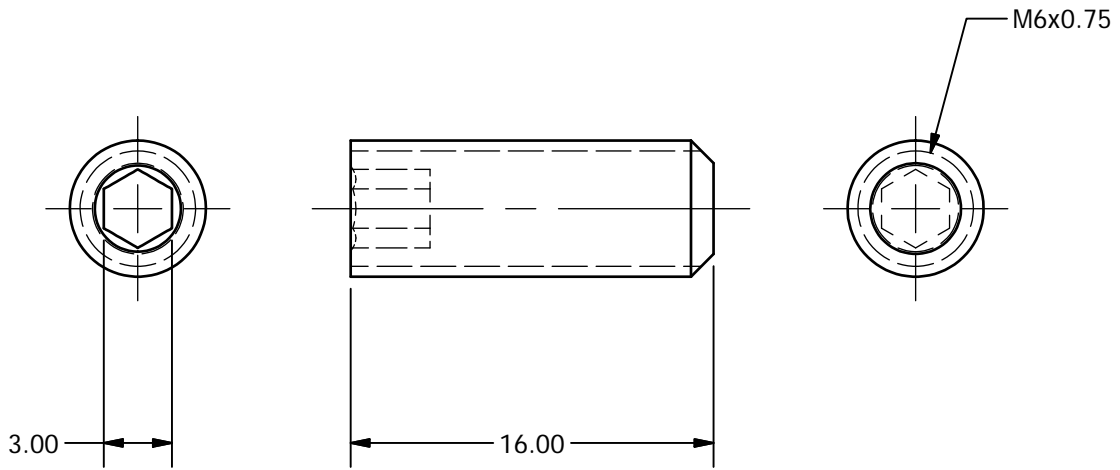
FCH: 17-11-2013

PL. No: A4 - 01

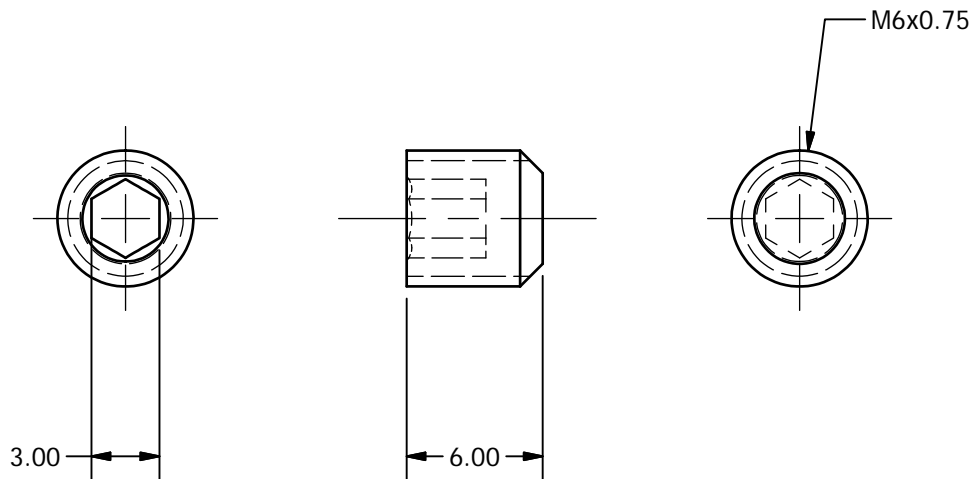
REF: A3-01

Anexo F. Tornillos prisioneros

3. TORNILLO PRISIONERO M6X16



4. TORNILLO PRISIONERO M6X6



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

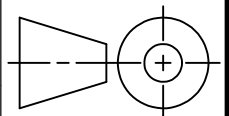


3 - 4. TORNILLOS PRISIONEROS

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA



ESC: SIN

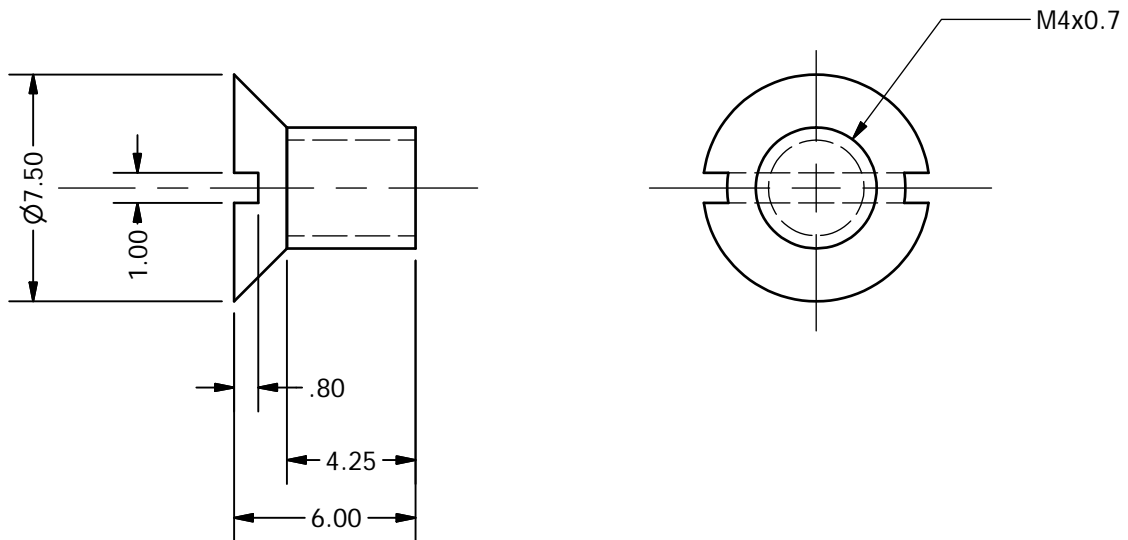
FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-02

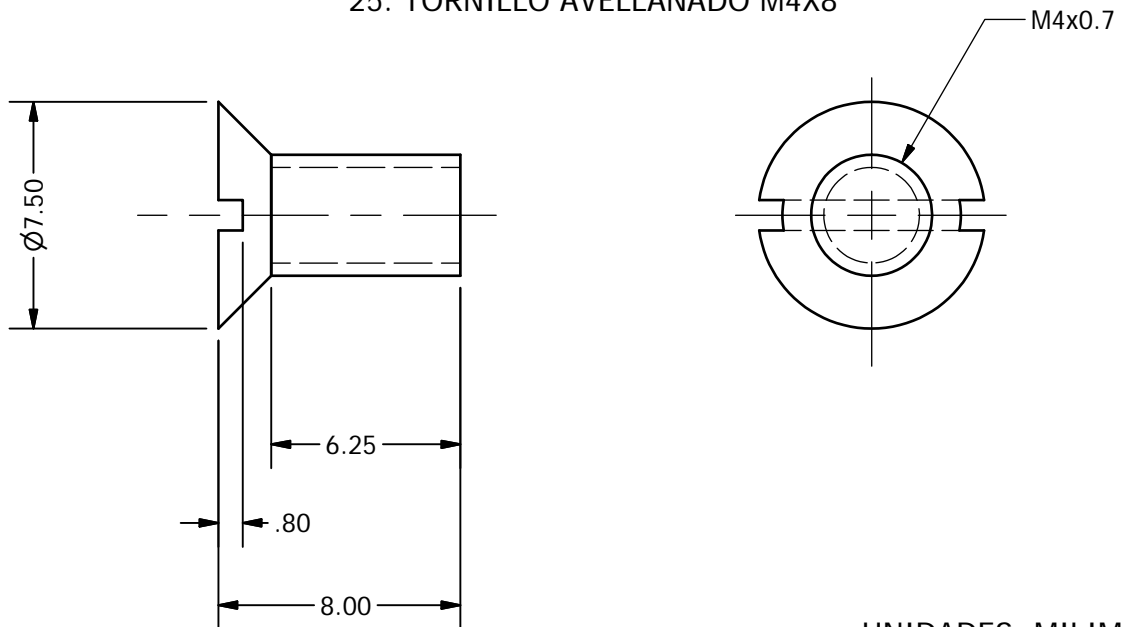
REF: A3-01

Anexo G. Tornillos avellanados

5. TORNILLO AVELLANADO M4X4



25. TORNILLO AVELLANADO M4X8



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

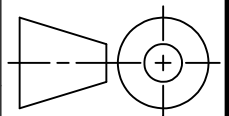


5 - 25. TORNILLOS AVELLANADOS

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA



ESC: 4:1

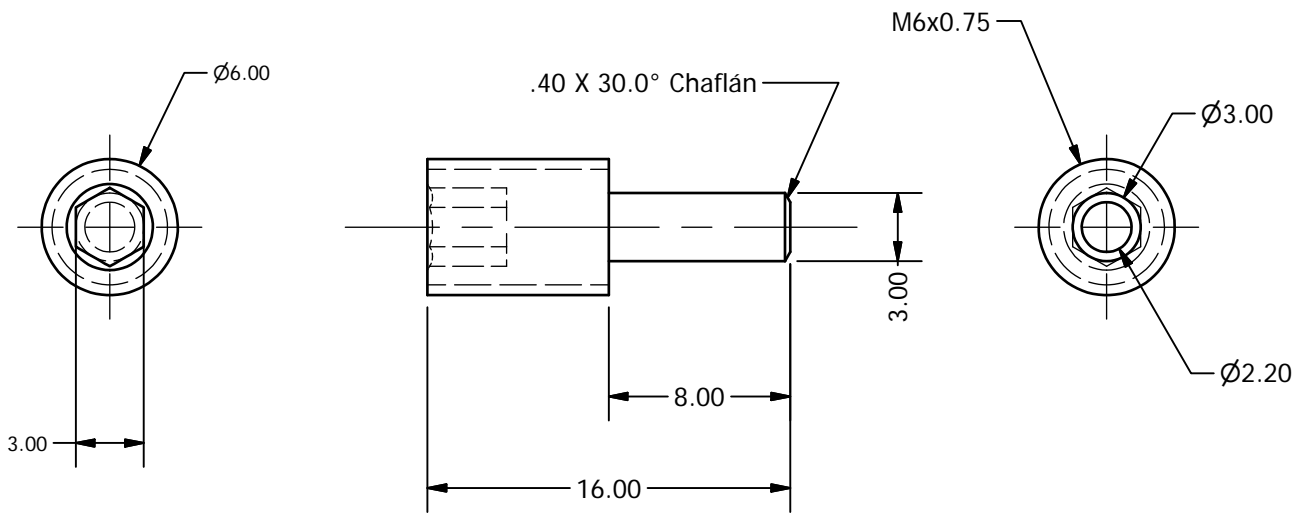
FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-03

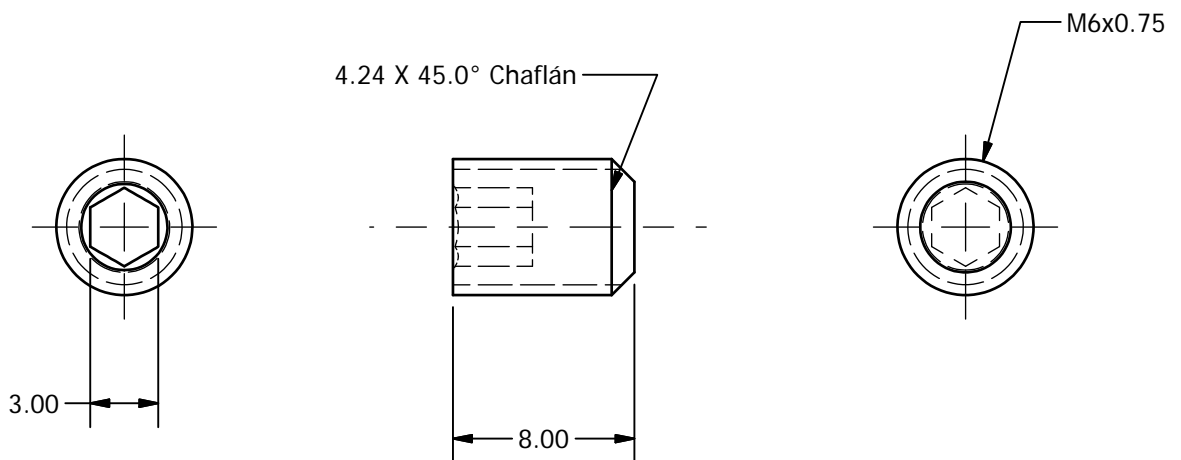
REF: A3-01

Anexo H. Tornillos prisioneros

9. PRISIONERO LÁMINA



10. TORNILLO PRISIONERO M6X8



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

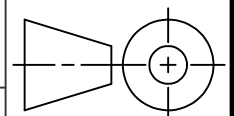


9 - 10. TORNILLOS PRISIONEROS

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA



ESC: 3 : 1

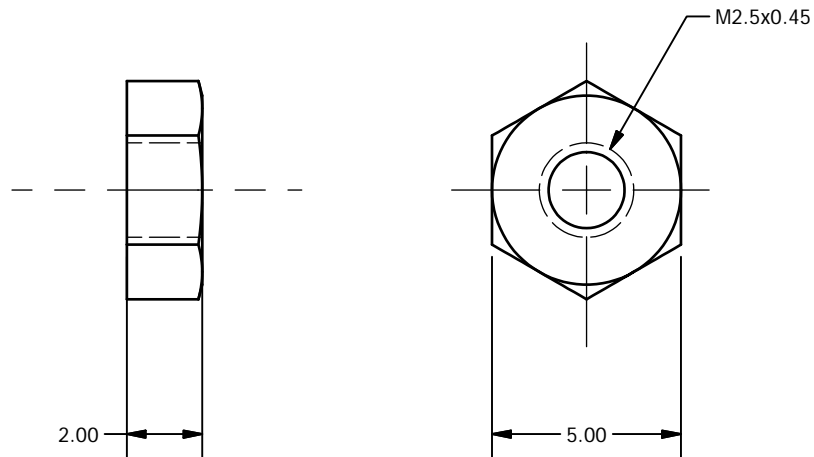
FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-04

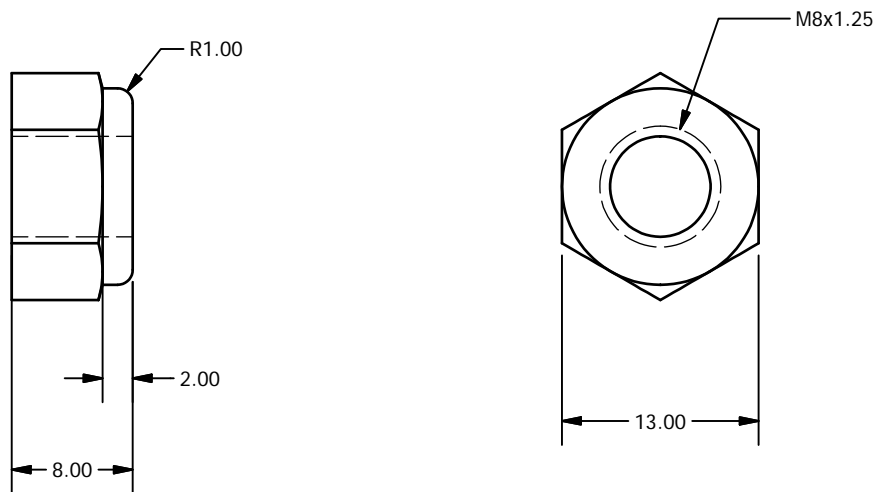
REF: A3-01

Anexo I. Tuercas

15. TUERCA MOTOR
ESCALA 5 : 1



23. TUERCA SINFIN
ESCALA 2 : 1



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

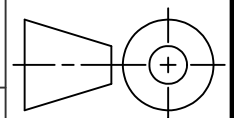


15 - 23. TUERCAS

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA



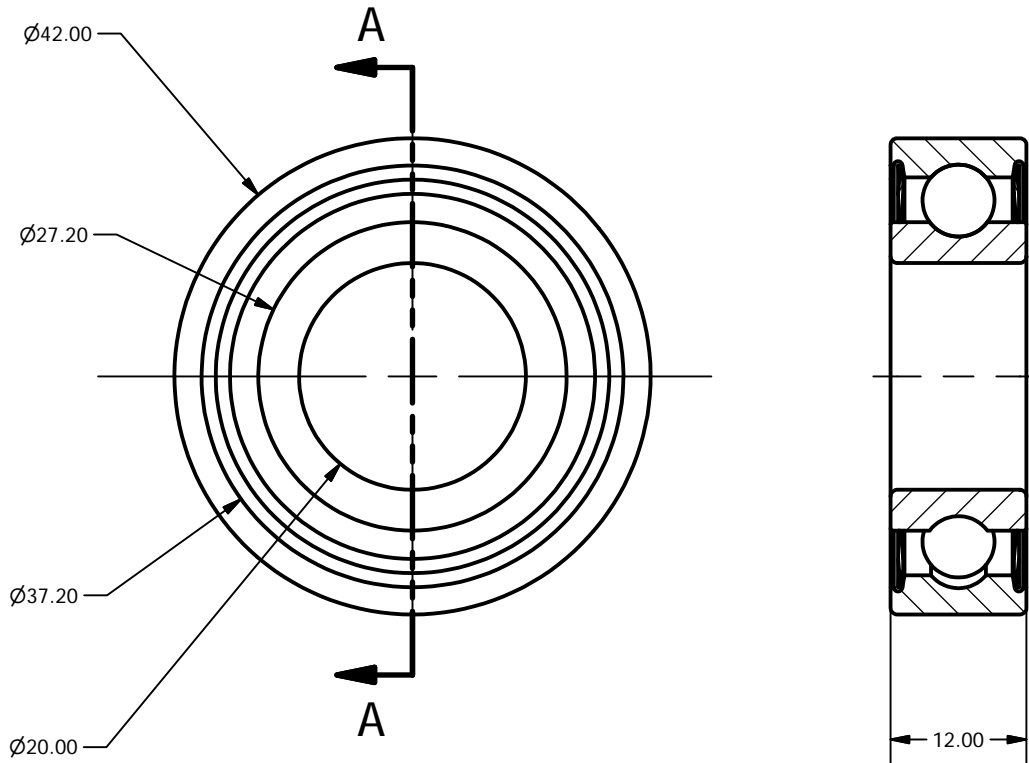
ESC: SIN

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-05

REF: A3-01

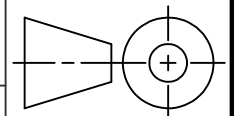
Anexo J. Rodamiento 6004-2Z



UNIDADES: MILIMETROS
RODAMIENTO COMERCIAL

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1,5 : 1



6. RODAMIENTO 6004-2Z

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-06

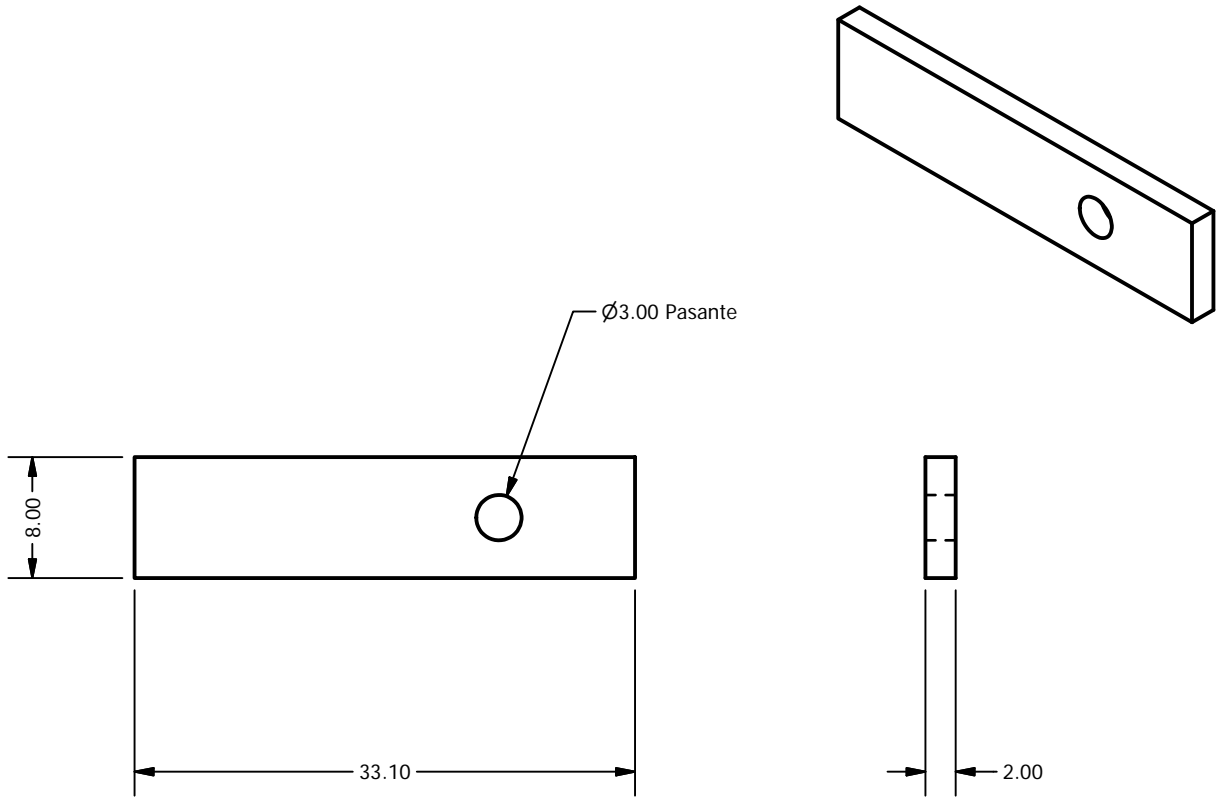
DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

REF: A3-01

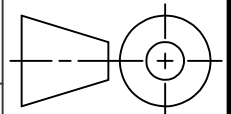
Anexo K. Lámina



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA



ESC: 2 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-07

REF: A3-01



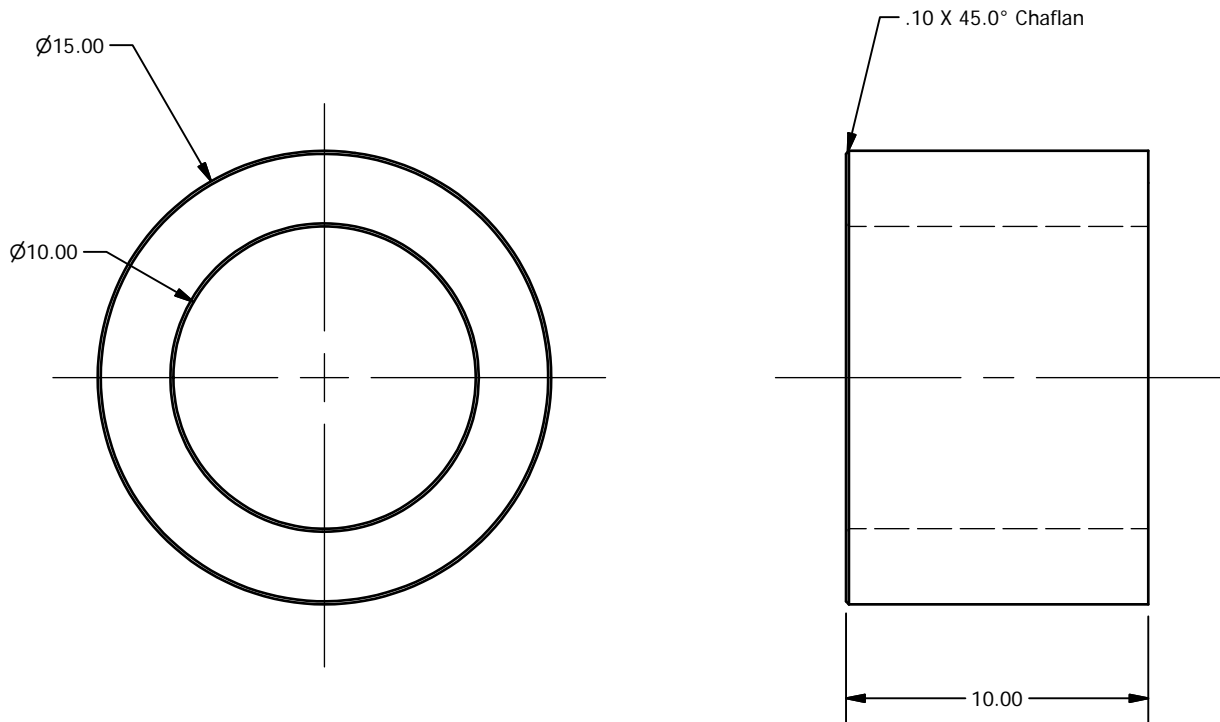
8. LÁMINA

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

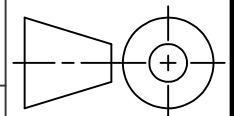
Anexo L. Buje de bronce



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 4 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-08

REF: A3-01



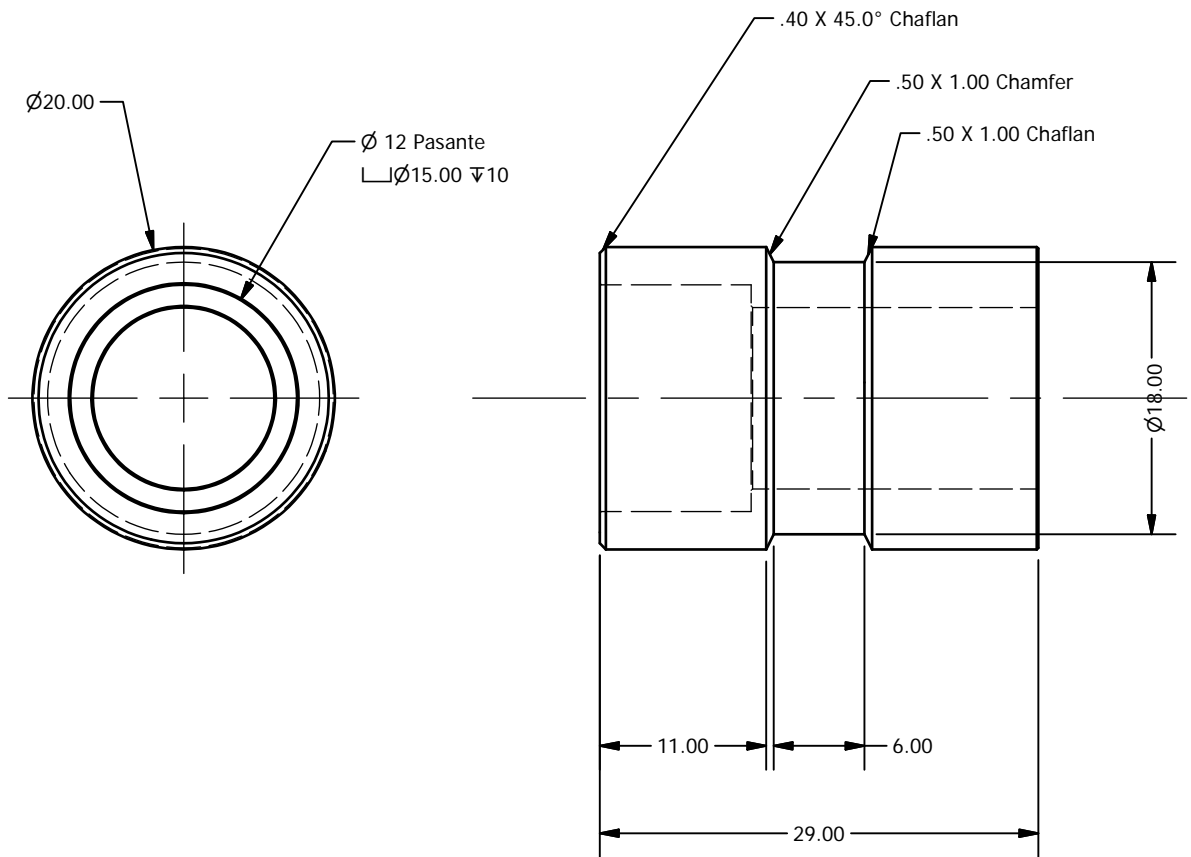
11. BUJE DE BRONCE

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

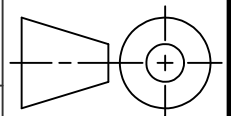
Anexo M. Buje de acero



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA



ESC: 2 : 1



12. BUJE DE ACERO

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-09

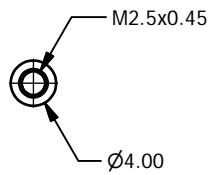
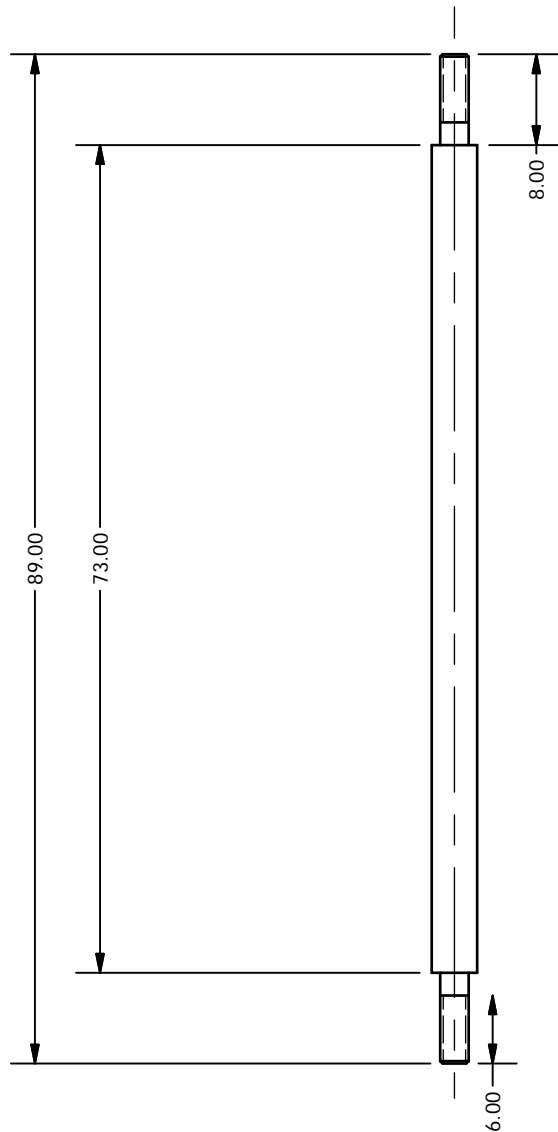
DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

REF: A3-01

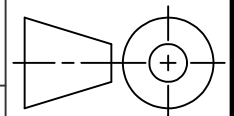
Anexo N. Perno motor



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1,5 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-10

REF: A3-01



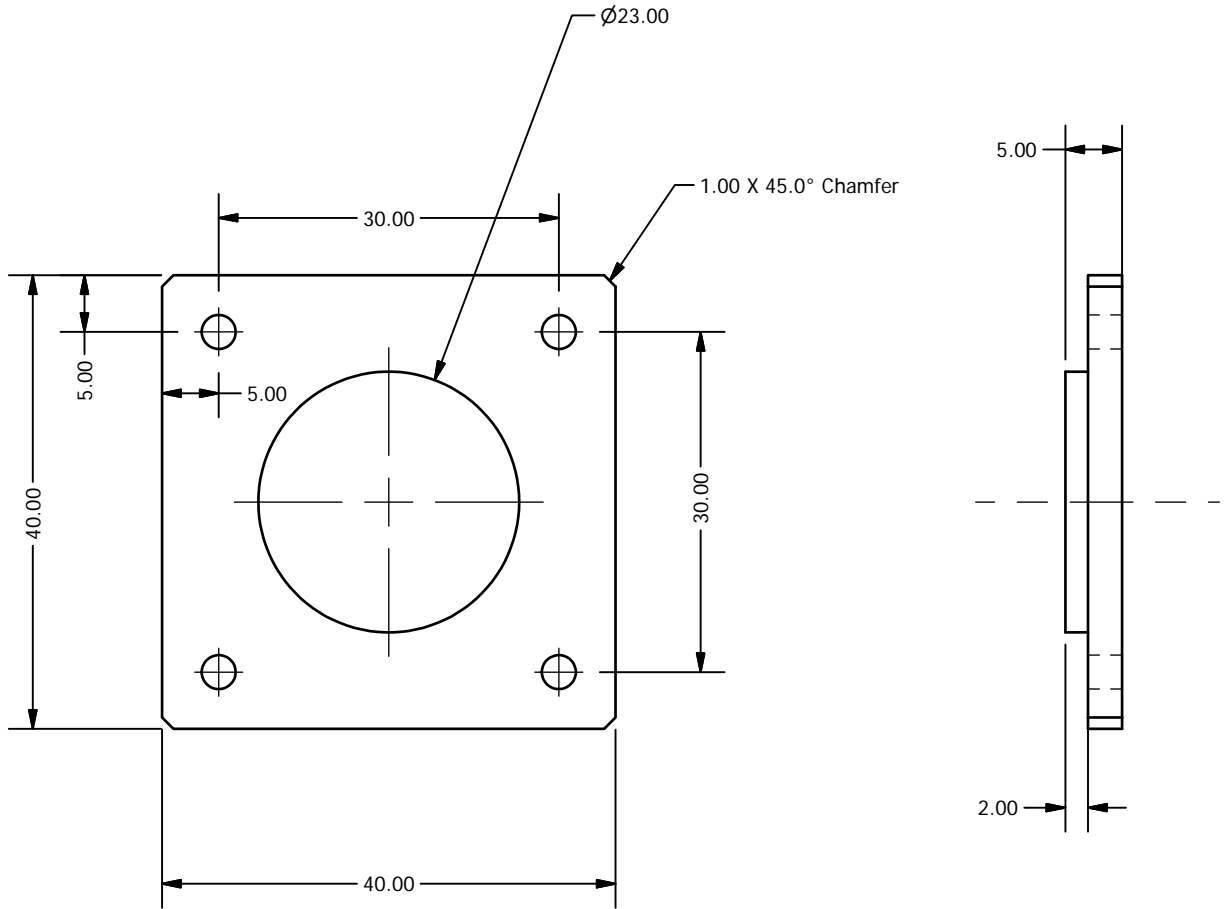
13. PERNO MOTOR

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

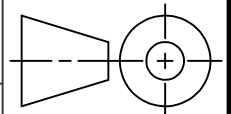
Anexo O. Tapa posterior motor



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1,5 : 1



14. TAPA POSTERIOR MOTOR

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-11

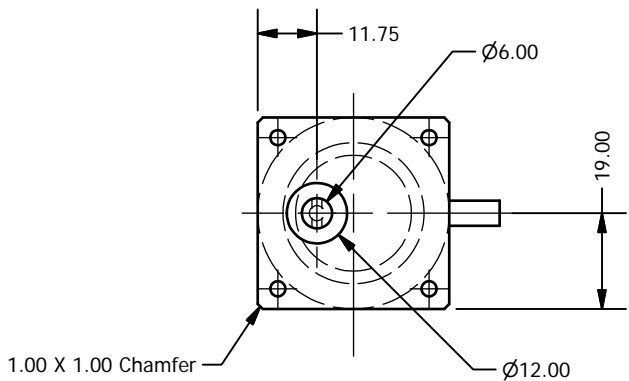
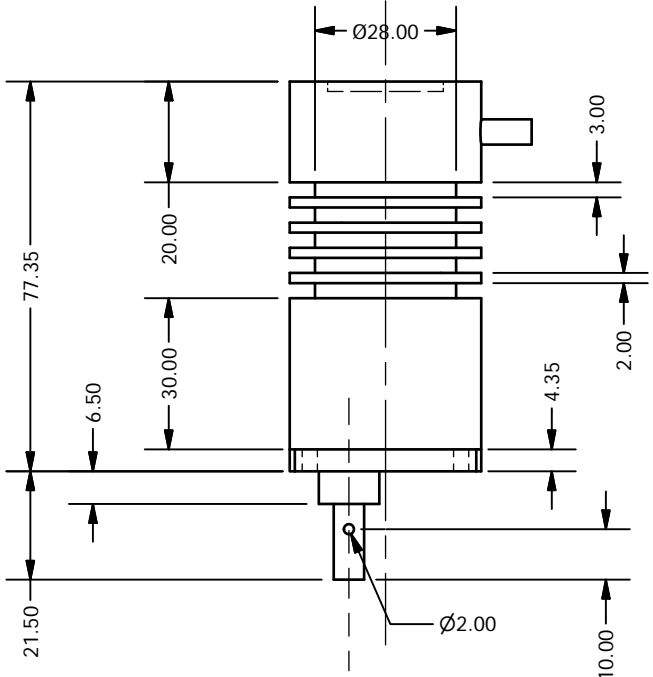
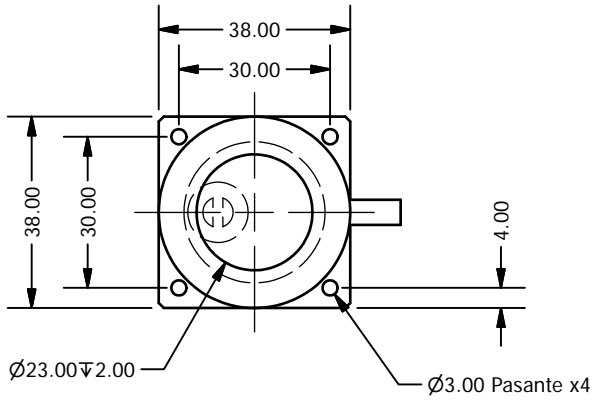
DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

REF: A3-01

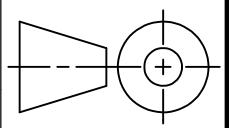
Anexo P. Servomotor



NOTAS:
 MOTOR COMERCIAL, MEDIDAS ESTANDAR
 MARCA:
 REFERENCIA: A6Z 046 000
 UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
 DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA



ESC: 1: 1,5

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-12

REF: A3-01



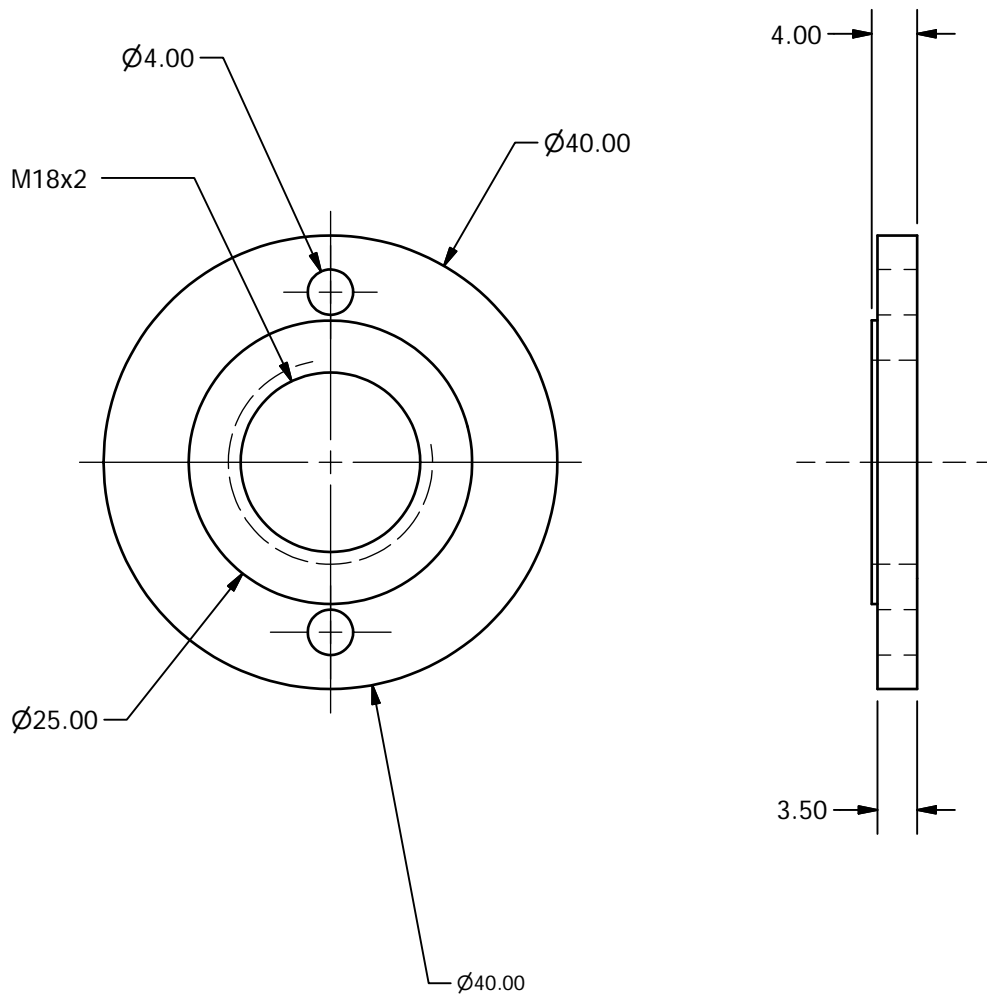
17. SERVOMOTOR

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

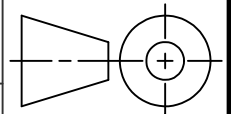
Anexo Q. Tuerca eje



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1,5 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-13

REF: A3-01



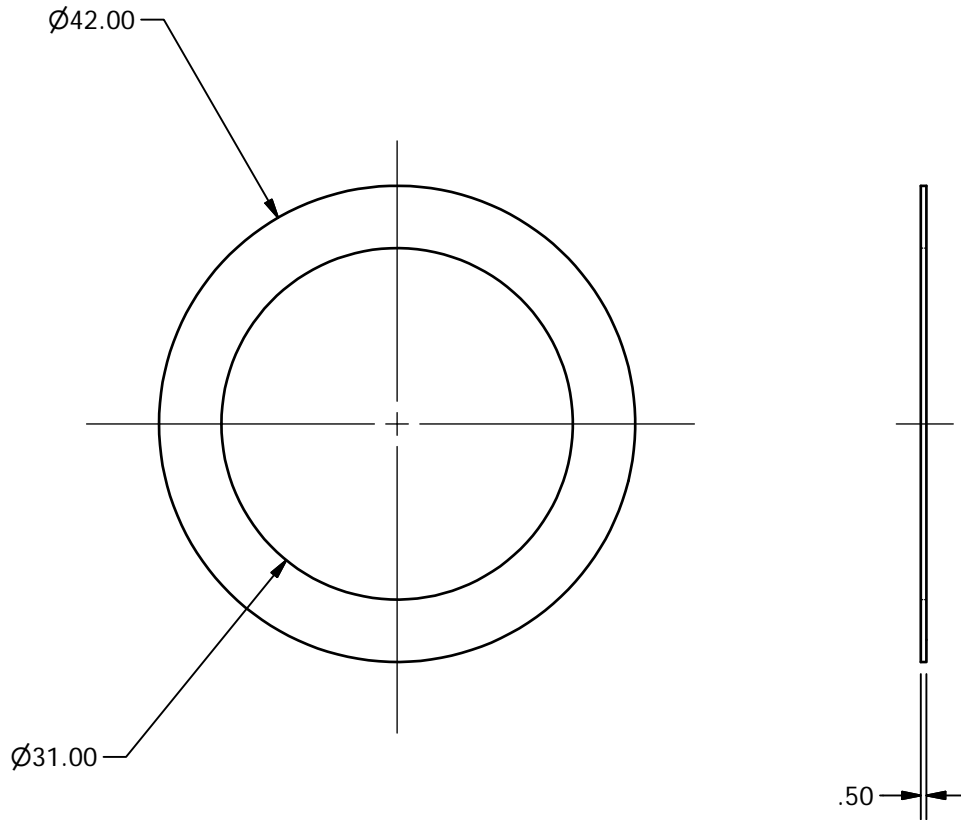
18. TUERCA EJE

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

Anexo R. Arandela de compresión



UNIDADES: MILIMETROS
 ARANDELA COMERCIAL
 REFERENCIA: 6004/K2

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
 DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

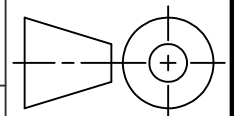


19. ARANDELA DE COMPRESION

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

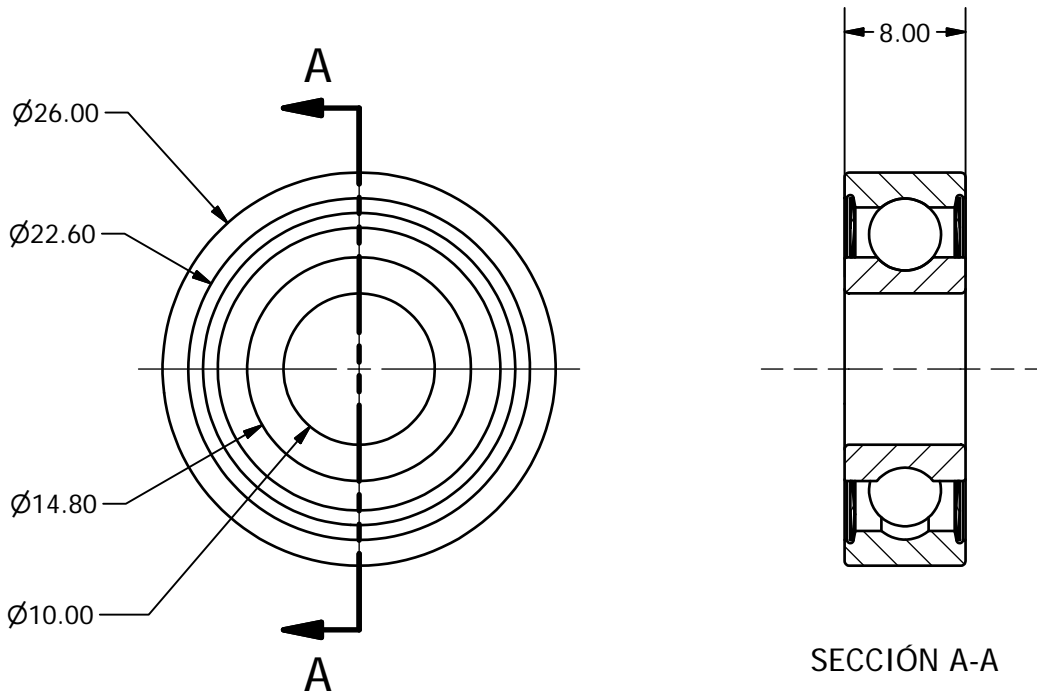


ESC: 1,5 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-14

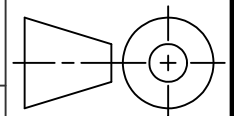
REF: A3-01



UNIDADES: MILIMETROS
 RODAMIENTO RIGIDO DE BOLAS
 COMERCIAL
 REFERENCIA: 6000-2Z

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
 DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA



ESC: 2 : 1



22. RODAMIENTO 6000-2Z

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-15

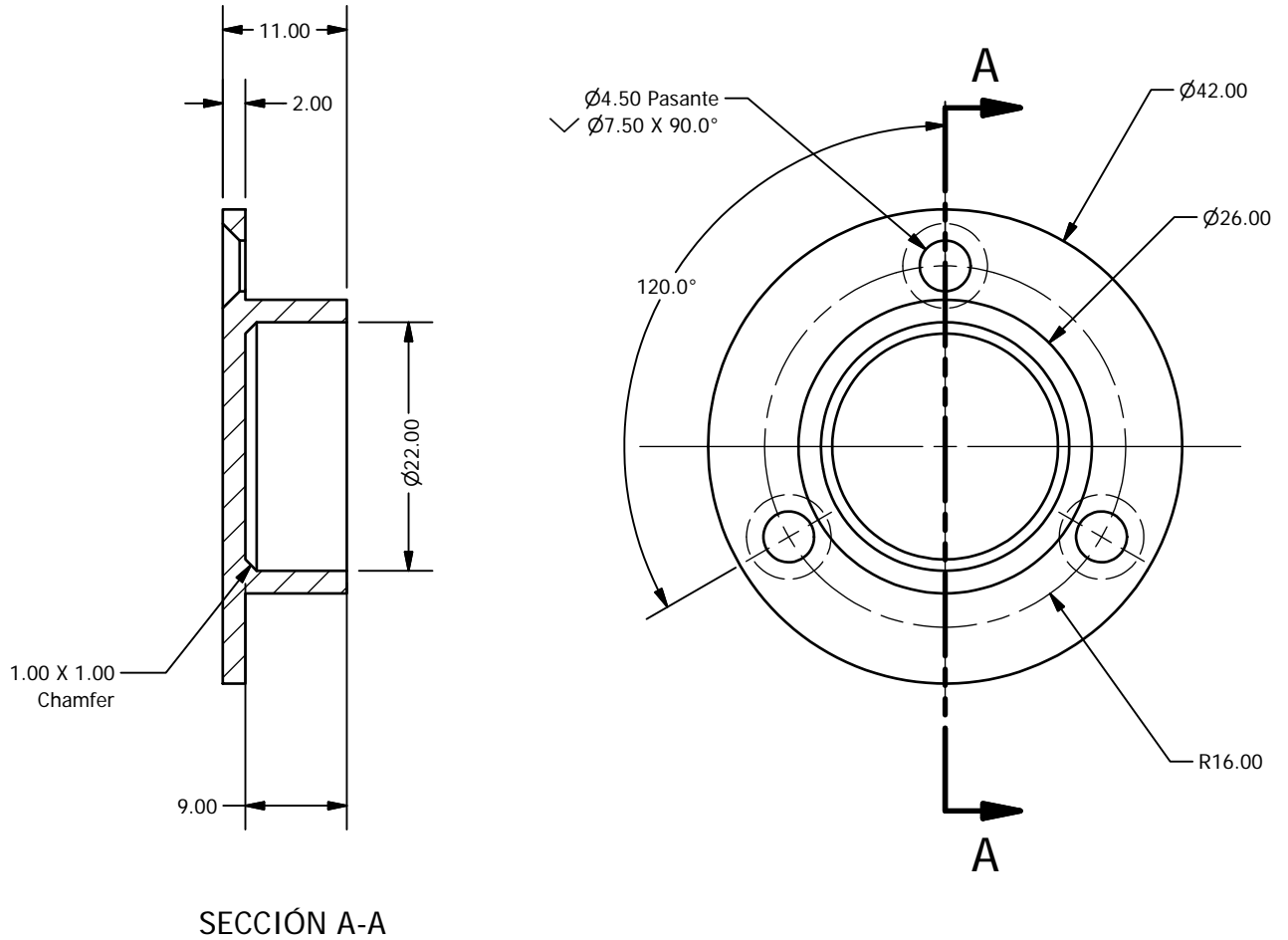
DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

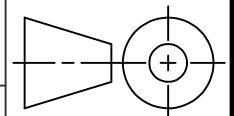
REF: A3-01

Anexo T. Tapa



INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1,5 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-16

REF: A3-01



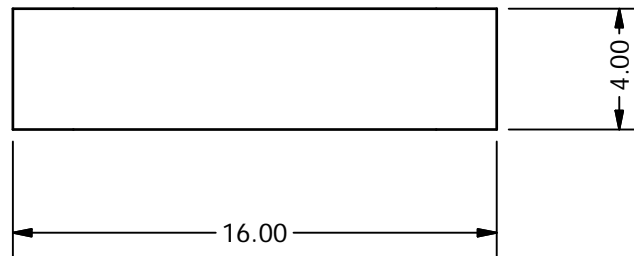
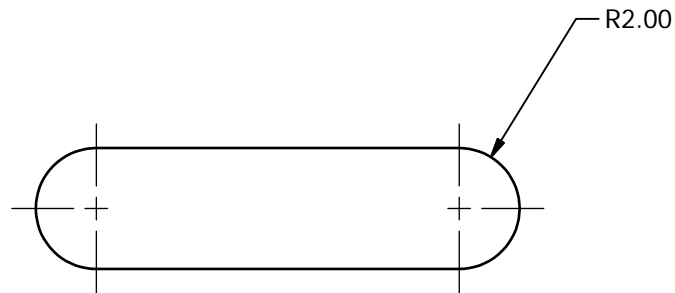
24. TAPA

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

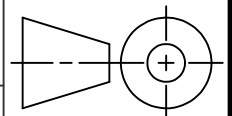
Anexo U. Chaveta



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 4 : 1



27. CHAVETA

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-17

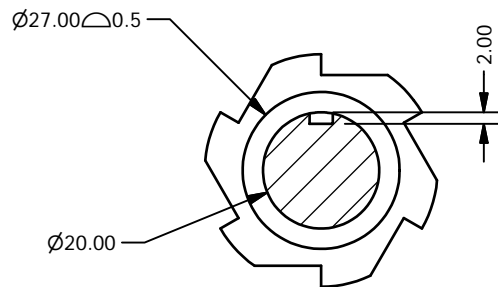
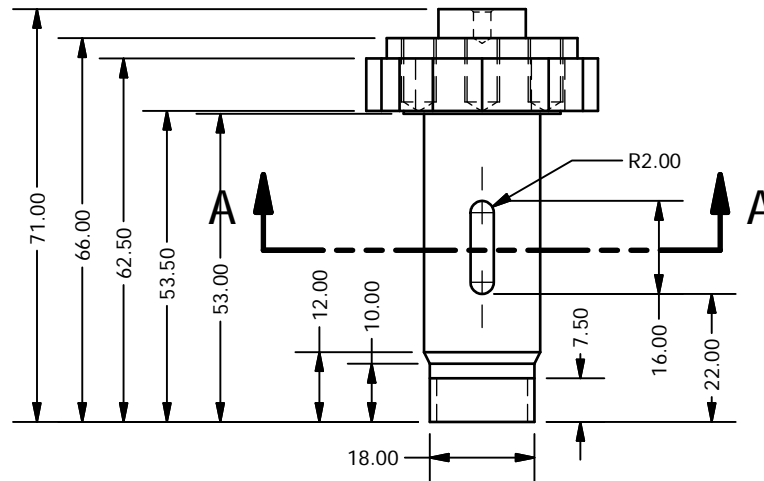
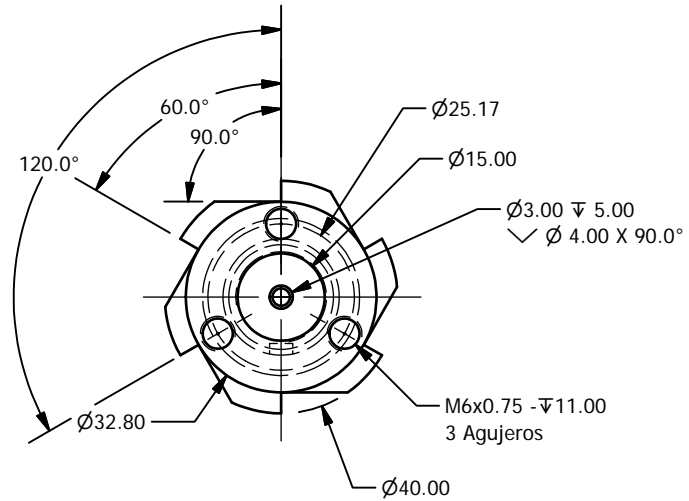
DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

REF: A3-01

Anexo V. Eje corona

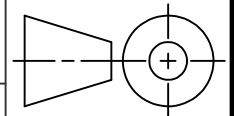


UNIDADES: MILIMETROS

SECCIÓN A-A

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1 : 1,3

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-18

REF: A3-01



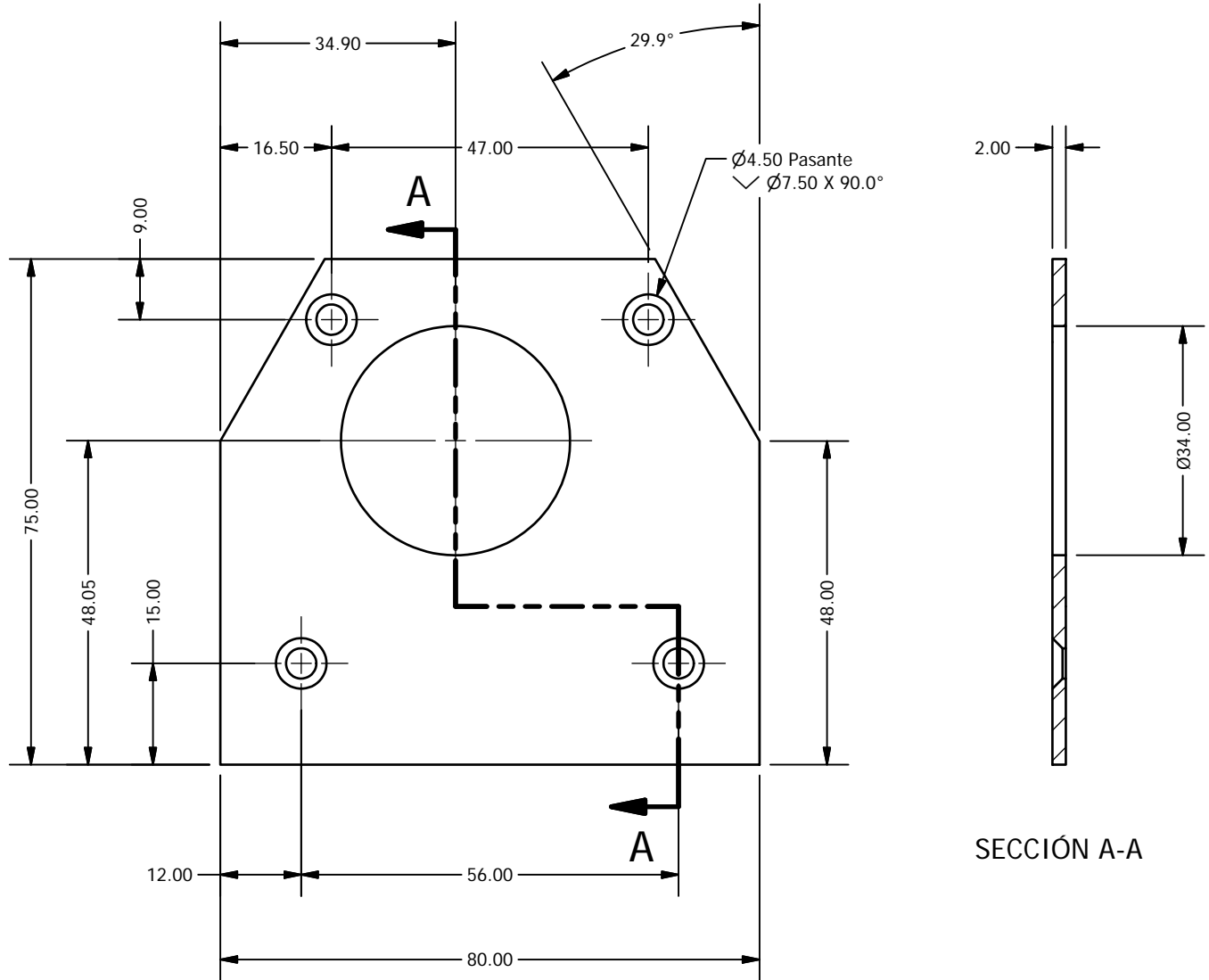
28. EJE CORONA

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

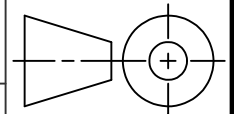
Anexo W. Placa de cierre



UNIDADES: MILIMETROS

INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOASISTIDA



ESC: 1 : 1

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4-19

REF: A3-01



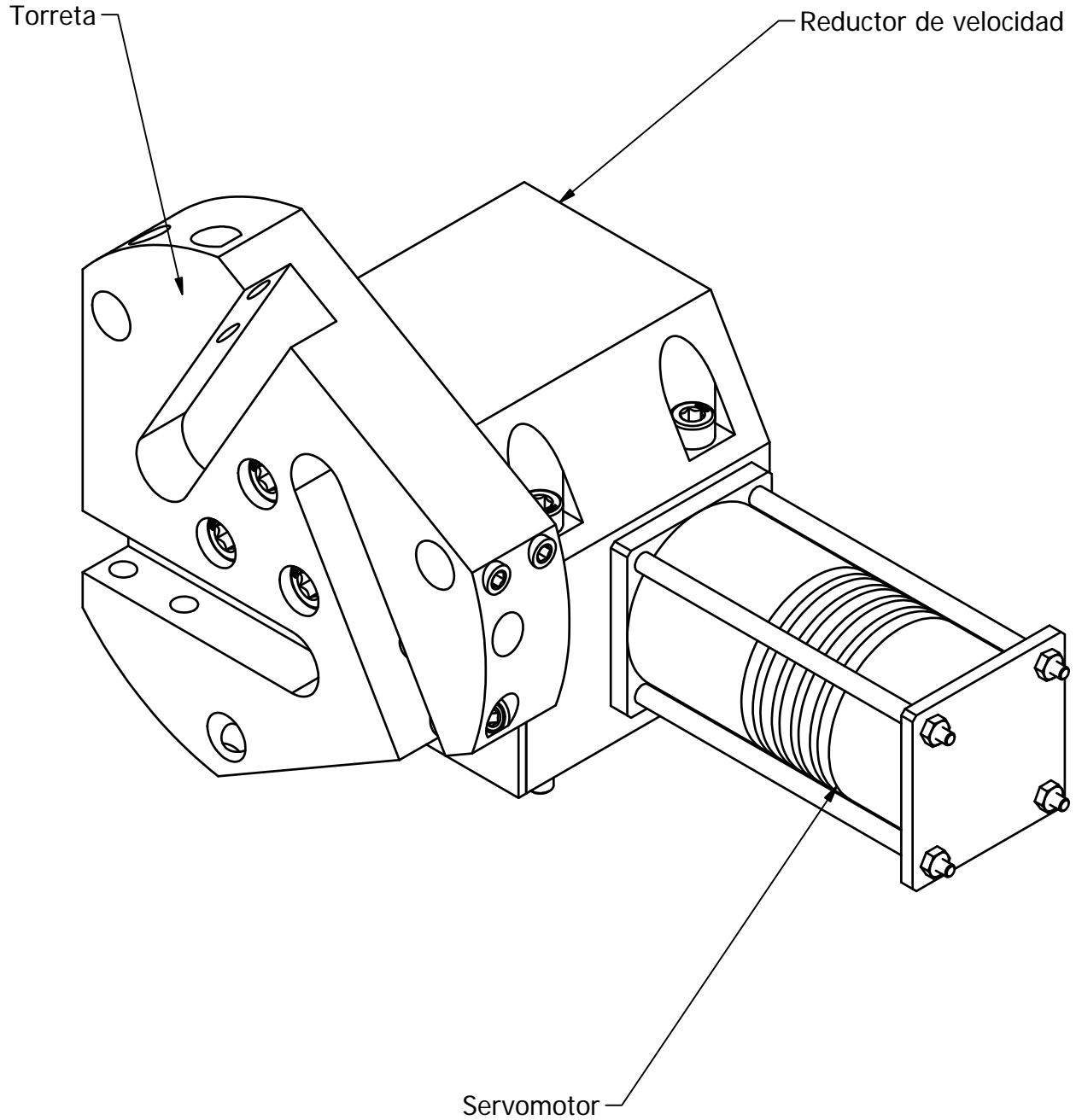
29. PLACA DE CIERRE

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA

Anexo X Torreta servoasistida



INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGIA EN MECANICA
DISEÑO DE TORRETA SERVOSISTIDA

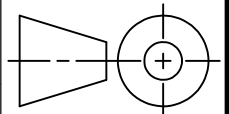


TORRETA SERVOASISTIDA

DIS: DAVIS G PEREA C

APROBÓ: ALFONSO AGUDELO V.

REV: JAVIER MEJIA



ESC: 1 : 1,2

FCH: 17-11-2013

PL. No: A4- 20

REF: A3-01