



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA

INGENIERÍA MECÁNICA

Seminario de Graduación 2010, previo a la obtención del Título de Ingeniero Mecánico

TEMA:

“ESTUDIO DE SISTEMAS DE TORNEADO DE MADERA PARA MEJORAR CALIDAD EN LA CARPINTERÍA MAYORGA DEL CANTÓN PÍLLARO.”

AUTOR: Carlos Omar Saquina Ushiña

TUTOR: Ing. Juan Correa

AMBATO-ECUADOR

2011

CERTIFICACIÓN

En mi calidad de Tutor de la tesis **“ESTUDIO DE SISTEMAS DE TORNEADO DE MADERA PARA MEJORAR CALIDAD EN LA CARPINTERÍA MAYORGA DEL CANTÓN PÍLLARO”**. Trabajo elaborado por el Sr. Egresado Carlos Omar Saquinga Ushiña.

Certifico

- Que la presente tesis es original de su autor
- Ha sido revisada en cada uno de sus capítulos
- Está concluida y puede continuar con el trámite correspondiente.

Ing. Juan Correa
TUTOR DE TESIS

AUTORÍA

Yo, CARLOS OMAR SAQUINGA USHIÑA con C.I: 180350239-0, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

Que los criterios emitidos en el trabajo de investigación, contenidos, ideas, análisis, conclusiones y propuesta son de exclusiva responsabilidad de mi persona, como autor del presente trabajo de grado.

Ambato, agosto del 2011

.....
Carlos Omar Saquina Ushiña
CI: 180350239-0
Autor

DEDICATORIA

Este logro alcanzado se lo dedico a Dios ya que con su gracia y amor he podido culminar este proyecto con éxito. A mis padres Carlos y Lucila, a mi hermano Davis, en especial a mí querida esposa Mónica y mi hijo Andrés, porque siempre esperaron mucho de mí y siempre han sido un motivo enorme para seguir adelante y ser mejor.

A toda mi familia por apoyarme durante todo el transcurso de mi carrera, a mis suegros por brindarme su apoyo incondicional y por confiar de mi entrega para llegar a la culminación de mi carrera.

Carlos.

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios, por haberme dado la vida y la inteligencia para culminar mi carrera.

A mis padres por haberme permitido nacer y guiado por los caminos del bien y la sabiduría a mi esposa por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles, a mi hijo que con su inocencia y ternura alegra mi vida me apoya y me da fuerzas para seguir adelante cada día.

A la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica por haberme abierto las puertas de la Institución, a todos quienes fueron mis profesores, gracias por haber compartido sus conocimientos. A todos los que colaboraron para que el desarrollo y culminación de este proyecto se hiciera posible.

Carlos

CONTENIDO

PÁGINAS PRELIMINARES:

| | |
|-------------------------|------|
| CERTIFICACIÓN | II |
| AUTORÍA..... | III |
| DEDICATORIA | IV |
| AGRADECIMIENTO | V |
| ÍNDICE GENERAL..... | VI |
| ÍNDICE DE FIGURAS | IX |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | XII |
| RESUMEN..... | XIII |

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

| | |
|---------------------------------------|----|
| 1.1. Tema | 14 |
| 1.2. Planteamiento del Problema..... | 14 |
| 1.2.1. Contextualización..... | 14 |
| 1.2.2. Análisis Crítico | 16 |
| 1.2.3. Prognosis..... | 16 |
| 1.2.4. Formulación del Problema..... | 16 |
| 1.2.5. Preguntas Directrices | 17 |
| 1.2.6. Delimitación del Problema..... | 17 |
| 1.2.6.1. De Contenido..... | 17 |
| 1.2.6.2. Espacial | 17 |
| 1.2.6.3. Temporal | 17 |
| 1.3. Justificación | 18 |
| 1.4. Objetivos | 19 |
| 1.4.1. Objetivo General | 19 |
| 1.4.2. Objetivos Específicos | 19 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| 2.1. Antecedentes Investigativos | 20 |
| 2.2. Fundamentación Filosófica | 21 |
| 2.3. Fundamentación Legal | 21 |
| 2.4. Categorías Fundamentales..... | 22 |
| 2.4.1. Sistema..... | 22 |
| 2.4.2. Torneado de Madera | 22 |
| 2.4.2.1. El Torno | 22 |
| 2.4.2.2. Técnica de Torneado de madera | 25 |
| 2.4.2.3. Torneado de piezas cilíndricas de madera..... | 27 |
| 2.4.2.4. Herramientas de Torneado | 30 |
| 2.4.3. Tipos de Torno..... | 31 |
| 2.4.4. Parámetros de trabajo | 37 |
| 2.4.4.1. Velocidad de corte | 37 |
| 2.4.4.2. Velocidad de avance | 37 |
| 2.4.4.3. Fuerza de corte | 38 |
| 2.4.5. Materia prima | 39 |
| 2.4.5.1. Propiedades mecánicas de la madera | 40 |
| 2.4.5.2. Defectos en la madera | 44 |
| 2.5. Categorización de Variables..... | 48 |
| 2.6. Hipótesis | 49 |
| 2.7. Señalamiento de Variables | 49 |
| 2.7.1. Variable Independiente | 49 |
| 2.7.2. Variable Dependiente | 49 |
| 2.7.3. Término de Relación..... | 49 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| 3.1. Enfoque..... | 50 |
| 3.2. Modalidad básica de la Investigación..... | 50 |
| 3.2.1. De Campo | 50 |
| 3.2.2. Bibliográfica-Documental | 50 |
| 3.3. Nivel o Tipo de Investigación..... | 50 |
| 3.3.1. Exploratorio | 50 |

| | |
|--|----|
| 3.3.2. Descriptiva..... | 51 |
| 3.3.3. Experimental | 51 |
| 3.4. Población y Muestra..... | 51 |
| 3.5. Operacionalización de Variables | 52 |
| 3.5.1. Variable Independiente | 52 |
| 3.5.2. Variable Dependiente | 53 |
| 3.6. Plan de recolección de la Información | 53 |
| 3.7. Plan de procesamiento y análisis de la información..... | 53 |

CAPÍTULO IV

| | |
|--|----|
| 4.1. Análisis de los resultados..... | 55 |
| 4.1.1. Análisis y selección de la alternativa..... | 56 |
| 4.1.2. Ensayos | 58 |
| 4.1.2.1. Ensayo con el sistema de torneado tradicional | 58 |
| 4.1.2.2. Ensayo con el sistema coprador mecánico..... | 58 |
| 4.1.2.3. Resultados del tiempo de torneado | 59 |
| 4.2. Interpretación de datos..... | 59 |
| 4.2.1. Análisis del funcionamiento del mecanismo coprador..... | 60 |
| 4.3. Verificación de Hipótesis..... | 61 |

CAPÍTULO V

| | |
|---------------------------|----|
| 5.1 Conclusiones..... | 62 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 63 |

CAPÍTULO VI

| | |
|--|----|
| 6.1. Datos Informativos | 65 |
| 6.2. Antecedentes de la propuesta..... | 66 |
| 6.3. Justificación | 66 |
| 6.4. Objetivos | 67 |
| 6.4.1. Objetivo General | 67 |
| 6.4.2. Objetivos Específicos | 67 |
| 6.5. Análisis de Factibilidad | 67 |
| 6.6. Fundamentación..... | 68 |

| | |
|--|-----|
| 6.6.1. Parámetros de trabajo del torno de la Carpintería Mayorga | 68 |
| 6.6.2. Diseño Mecánico..... | 72 |
| 6.7. Metodología..... | 110 |
| 6.7.1. Especificaciones Técnicas..... | 110 |
| 6.7.2. Componentes de la máquina | 110 |
| 6.8. Administración..... | 118 |
| 6.8.1. Análisis de Costos..... | 118 |
| 6.8.1.1. Costos Directos..... | 118 |
| 6.8.1.2. Costos Indirectos | 119 |
| 6.8.1.3. Costos Total del Proyecto | 120 |
| 6.9. Previsión de la Evaluación | 121 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 123 |
| ANEXOS..... | 125 |
| PLANOS | 140 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA N°2.1. Torno paralelo | 23 |
| FIGURA N° 2.2.Torno para tornear madera | 23 |
| FIGURA N° 2.3. Cabezal Fijo..... | 24 |
| FIGURA N° 2.4. Bancada | 24 |
| FIGURA N° 2.5. Cabezal Móvil | 25 |
| FIGURA N° 2.6. Cabezal Móvil | 25 |
| FIGURA N° 2.7. Verificación de diámetros en piezas torneadas en Carpintería Mayorga..... | 26 |
| FIGURA N° 2.8. Palo cuadrado de madera encontrado el centro..... | 27 |
| FIGURA N° 2.9. Fijación de la punta de espuela..... | 27 |
| FIGURA N° 2.10. Fijación de la pieza de trabajo..... | 28 |
| FIGURA N° 2.11. Ajuste de la herramienta de soporte..... | 28 |
| FIGURA N° 2.12. Redondeado del palo cuadrado de madera | 28 |
| FIGURA N° 2.13. Corte con cuchilla de filo oblicuo..... | 29 |
| FIGURA N° 2.14. Cilindrado del palo de madera con cepillo..... | 29 |
| FIGURA N° 2.15. Piezas torneadas en madera en la Carpintería Mayorga..... | 29 |
| FIGURA N° 2.16. Herramientas para torneada madera | 30 |

| | |
|--|----|
| FIGURA N° 2.17. Accesorios para tornear en madera | 31 |
| FIGURA N°2.18. Esquema de funcionamiento de un torno copiado..... | 32 |
| FIGURA N°2.19. Torno revólver | 33 |
| FIGURA N°2.20. Torno automático | 34 |
| FIGURA N°2.21. Torno vertical..... | 35 |
| FIGURA N°2.22. Torno CNC..... | 36 |
| FIGURA N° 2.23. Fuerzas que ejerce la herramienta sobre la pieza | 38 |
| FIGURA N° 2.24. Fuerzas que ejerce la pieza sobre la herramienta | 39 |
| FIGURA N° 2.25. Corte transversal del tronco de un árbol..... | 40 |
| FIGURA N° 2.26. Direcciones en un leño | 41 |
| FIGURA N° 2.27. Grano desviado en la madera | 45 |
| FIGURA N° 2.28. Nudos presentes en la madera | 45 |
| FIGURA N° 2.29. Grietas y rajaduras | 46 |
| FIGURA N° 2.30. a) Nudo agrietado, b) Nudo saltadizo..... | 46 |
| FIGURA N° 2.31. Agrietamiento interno y colapso | 46 |
| FIGURA N° 2.32. Grano levantado | 47 |
| FIGURA N° 2.33. Grano suelto | 47 |
| FIGURA N° 2.34. a) Grano desgarrado, b) grano astillado | 48 |
| FIGURA N° 4.1. Torneado de madera actual en la Carpintería Mayorga..... | 60 |
| FIGURA N° 4.2. Torneado de piezas cónicas en la Carpintería Mayorga | 61 |
| FIGURA N° 6.1. Mecanismo regulador de velocidad | 68 |
| FIGURA N° 6.2. Esquema del desbaste del palo de madera | 70 |
| FIGURA N° 6.3. Fuerzas de torneado | 71 |
| FIGURA N° 6.4. Altura del cabezal móvil y ancho de la bancada del torno | 72 |
| FIGURA N° 6.5. Esquema del porta cuchillas | 72 |
| FIGURA N° 6.6. Fuerza que actúa sobre el porta cuchilla | 73 |
| FIGURA N° 6.7. Diagrama de cuerpo libre Porta Herramientas..... | 73 |
| FIGURA N° 6.8. Fuerza Cortante y Momento flector porta herramienta | 74 |
| FIGURA N° 6.9. Fuerzas que actúan en la base del porta cuchillas | 76 |
| FIGURA N° 6.10. Diagrama de cuerpo libre de la base del porta cuchillas..... | 77 |
| FIGURA N° 6.11. Fuerza Cortante y Momento flector de la base del porta cuchillas x-y..... | 77 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA N° 6.12. Fuerza Cortante y Momento flector de la base del porta cuchillas x-z..... | 78 |
| FIGURA N° 6.13. Esquema del Carro Principal | 79 |
| FIGURA N° 6.14. Diagrama de cuerpo libre Carro Principal..... | 80 |
| FIGURA N° 6.15. Fuerza cortante y Momento flector Carro Principal..... | 81 |
| FIGURA N° 6.16. Esfuerzos que se producen en el elemento, carro principal | 81 |
| FIGURA N° 6.17. Centros de inercia, carro principal | 82 |
| FIGURA N° 6.18. Esquema Guías del mecanismo | 83 |
| FIGURA N° 6.19. Diagrama de cuerpo libre guía frontal | 84 |
| FIGURA N° 6.20. Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector AL 40×6 plano x-y | 85 |
| FIGURA N° 6.21. Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector AL 40×6 plano x-z | 86 |
| FIGURA N° 6.22. Diagrama de cuerpo libre guía posterior..... | 87 |
| FIGURA N° 6.23. Diagrama de fuerza cortante y momento flector guía posterior | 87 |
| FIGURA N° 6.24. Soporte frontal izquierdo | 89 |
| FIGURA N° 6.25. Diagrama de cuerpo libre Soporte frontal izquierdo..... | 89 |
| FIGURA N° 6.26. Diagrama de cuerpo libre Soporte Cremallera 1 | 90 |
| FIGURA N° 6.27. Esquema ruedas y eje | 91 |
| FIGURA N° 6.28. Eje carros porta cuchilla y palpador..... | 91 |
| FIGURA N° 6.29. Ruedas en DURALÓN | 92 |
| FIGURA N° 6.30. Porta Plantilla | 92 |
| FIGURA N° 6.31. Diagrama de cuerpo libre Porta Plantilla | 93 |
| FIGURA N° 6.32. Diagrama de Fuerza cortante (a), momento flector (b). | 94 |
| FIGURA N° 6.33. Dimensiones de elemento para porta plantilla..... | 94 |
| FIGURA N° 6.34. Esfuerzos que actúan en el elemento | 94 |
| FIGURA N° 6.35. Centros de inercia porta plantilla..... | 95 |
| FIGURA N° 6.36. Primer momento estático porta plantilla..... | 96 |
| FIGURA N° 6.37. Análisis de desplazamiento..... | 97 |
| FIGURA N° 6.38. Nomenclatura de los dientes de engranes rectos | 98 |
| FIGURA N° 6.39. Disposición de piñones y cremallera | 100 |
| FIGURA N° 6.40. Cargas del movimiento del carro principal..... | 100 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA N° 6.41. Diagrama de cuerpo libre del carro principal..... | 101 |
| FIGURA N° 6.42. Fuerza en los dientes..... | 102 |
| FIGURA N° 6.43. Número de dientes en 1 cm de la cremallera | 103 |
| FIGURA N° 6.44. Diagrama de cuerpo libre de la carga que actúa sobre el eje..... | 104 |
| FIGURA N° 6.45. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje..... | 105 |
| FIGURA N° 6.46. Fuerza que actúa sobre el eje | 106 |
| FIGURA N° 6.47. Soportes | 111 |
| FIGURA N° 6.48. Cremallera | 111 |
| FIGURA N° 6.49. Carro Principal | 112 |
| FIGURA N° 6.50. Carro Porta Cuchillas | 112 |
| FIGURA N° 6.51. Carro Porta Palpador | 113 |
| FIGURA N° 6.52. Porta Plantilla | 113 |
| FIGURA N° 6.53. Piñón..... | 114 |
| FIGURA N° 6.54. Ruedas en Duralón..... | 114 |
| FIGURA N° 6.55. Ejes para ruedas de Duralón | 115 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----|
| TABLA N° 4.1. Alternativas para la solución..... | 55 |
| TABLA N° 4.2. Comparación de alternativas..... | 57 |
| TABLA N° 4.3. Características del Sistema de torneado..... | 57 |
| TABLA N° 4.4. Porcentaje de uniformidad de piezas cilíndricas $\varnothing=60$ mm. | 58 |
| TABLA N° 4.5. Porcentaje de uniformidad en piezas cónicas | 58 |
| TABLA N° 4.6. Porcentaje de uniformidad en piezas cilíndricas | 58 |
| TABLA N° 4.7. Porcentaje de uniformidad en piezas cónicas | 59 |
| TABLA N° 4.8. Tiempos de Torneado..... | 59 |
| TABLA 6.1. Relación c | 71 |
| Tabla N° 6.2 Costo de Materiales..... | 118 |
| Tabla N° 6.3 Costo de Maquinaria y Equipos..... | 119 |
| Tabla N° 6.4 Costo de Mano de Obra..... | 119 |
| Tabla N° 6.5 Costo Varios | 120 |
| Tabla N° 6.6 Costo Total del Proyecto..... | 120 |

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA MECÁNICA

TEMA: “ESTUDIO DE SISTEMAS DE TORNEADO DE MADERA PARA MEJORAR CALIDAD EN LA CARPINTERÍA MAYORGA DEL CANTÓN PÍLLARO”

Autor:

Carlos Omar Saquina Ushiña

Ambato, agosto del 2011

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como objetivo principal el estudio de un sistema de torneado de madera que permita a la Carpintería Mayorga mejorar calidad y mantener uniformidad en sus productos, para cumplir con dicho propósito se elaboró un sistema mecánico copiador, el mismo que mejorará y mantendrá la calidad en los productos, además facilitará la tarea de torneado, y se brindará confort y seguridad al operario.

El mecanismo copiador está previsto de un sistema mecánico de piñón cremallera, el mismo que facilita el desplazamiento longitudinal del carro principal, con esto se llevó a la tarea de tornear madera de un grado artesanal a un grado semi-industrial, el mismo que en un futuro corto se podrá automatizar el movimiento longitudinal.

A partir de aquí se desarrollarán innovaciones, generando el progreso de la industria con nuevas máquinas equipadas, haciendo que las tareas a realizar resulten fáciles y cómodas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Tema

Estudio de Sistemas de Torneado de madera para mejorar Calidad en la Carpintería Mayorga del Cantón Píllaro.

1.2. Planteamiento del Problema

1.2.1. Contextualización

La industria a nivel mundial día a día sigue creciendo en función del avance tecnológico, y como se observa en los países desarrollados la necesidad de obtener productos de mejor calidad, ha obligado a buscar nuevos sistemas, métodos, técnicas y máquinas que simplifiquen procesos, ayudando a cubrir dicha demanda, pudiendo ser estas manuales, eléctricas, automáticas, entre otras, los mismos que cumplen con varias funciones o una en particular, pero siempre con el fin de mejorar la calidad de un determinado producto.

En los grandes países industrializados como China, Japón, España, Alemania, Brasil, etc., es común encontrar productos de buena calidad, en fin los procesos de producción en países desarrollados son altamente competitivos, esto repercute en el precio, ya que productos de estos países son más baratos y en la mayoría de los casos de mejor calidad, en comparación con los nuestros. En los países desarrollados cada sistema se encuentra bien equipado, lo cual garantiza productos de buena calidad.

En el Ecuador, en la industria actual, los sistemas productivos deben ser constantemente revisados y mejorados, aplicando los nuevos avances tecnológicos, para conseguir ser competitivos, y a la vez brindar buen servicio y satisfacción en el cliente. En nuestro país no se cuenta todavía, con procesos de producción ciento por ciento competitivos, ya que algunos productos no presentan la calidad esperada, como es el caso del torneado en madera; este en gran parte se lo realiza en máquinas en las que los sistemas no se encuentran lo suficientemente equipados, dando lugar a piezas cilíndricas de madera de una calidad no aceptable por los clientes, haciendo con esto que no se aprecie lo nuestro. Esto producido por falta de información acerca de nuevos sistemas, técnicas, métodos, para mejorar calidad en torneados de madera.

El proceso de elaboración de muebles en madera, al igual que en la elaboración de otros productos, requiere de varios procesos de producción para cumplir con la finalidad, y si alguno de estos no funciona correctamente, se tendrá como consecuencia baja calidad en los productos. Actualmente Carpintería “Mayorga” ubicada en la provincia de Tungurahua Cantón Pillaro, elabora diferentes muebles en madera, los mismos que necesitan de la producción de piezas cilíndricas o redondas, estas se las elabora en un torno de construcción artesanal, y no cuenta con un sistema ergonómico para torneado en madera, teniendo el operario que hacer actividades complementarias, para realizar esta tarea, generando discontinuidad en la producción, retardo en la entrega de los productos, insatisfacción del cliente, y por ende pérdidas en las ganancias de la empresa, por no garantizar calidad en el producto.

Las microempresas deben crear nuevos sistemas, para entrar a competir con los productos de origen extranjero y también entrar en sus mercados de consumo, garantizando productos de calidad.

1.2.2. Análisis Crítico

Con el desarrollo del presente proyecto, Carpintería Mayorga, tendrá la posibilidad de contar con un sistema ergonómico para el torneado de madera, facilitando esta tarea y mejorando calidad en las piezas cilíndricas de madera, sirviendo de mejor manera al cliente. Además reduciendo gastos innecesarios e implementando mayores servicios solicitados por la clientela.

Para obtener piezas cilíndricas de madera de buena calidad es necesario contar con herramientas que faciliten el trabajo a realizarse. Otro factor importante para lograr un buen desempeño es desarrollar una adecuada relación entre los empleados y dueños para generar avances en la producción, conociendo falencias y cubriendo necesidades que tengan los empleados.

1.2.3. Prognosis

Carpintería Mayorga al no contar con un sistema ergonómico para el torneado de la madera, seguirá ofreciendo a sus operarios realizar una tarea riesgosa, puesto que la técnica manual exige un gran esfuerzo físico que cansa al trabajador. Además cabe señalar que, el empleo de estos métodos provoca que el rendimiento en el operario, sea deficiente. Generando con esto en sus productos baja calidad, la presentación de este es esencial para el agrado del cliente, la cual debe ser mejorada constantemente con nuevas implementaciones tecnológicas que de una u otra forma son de gran ayuda para quienes elaboran dichos productos.

1.2.4. Formulación del Problema

¿Qué sistema de torneado de madera permitirá mejorar calidad y mantener uniformidad en los productos en la Carpintería Mayorga?

1.2.5. Preguntas Directrices

- ¿Existe algún sistema ergonómico de torneado de madera en la Carpintería Mayorga?
- ¿En la actualidad cuántos sistemas de torneado de madera existen, en la Carpintería Mayorga con los cuales se facilite la tarea y mejore calidad en el producto?
- ¿Cuál será el sistema de torneado de madera que permitirá mejorar calidad y mantener uniformidad en piezas cilíndricas de madera en la Carpintería Mayorga?
- ¿De qué forma se mejorará la calidad actual de las piezas cilíndricas de madera en la Carpintería Mayorga?

1.2.6. Delimitación del Problema

1.2.6.1. De Contenido

- Máquinas Herramientas.
- Sistemas Mecánicos I y II.
- Diseño de Elementos de Máquinas.
- Procesos de Manufactura.

1.2.6.2. Espacial

El presente trabajo de investigación se lo realizará en el Taller de Carpintería Mayorga ubicado en el Cantón Píllaro.

1.2.6.3. Temporal

La presente investigación se llevará a cabo, en el período comprendido entre Abril y Julio del 2011.

1.3. Justificación

La finalidad principal de la presente investigación, es presentar a Carpintería Mayorga, información sobre los diferentes sistemas de torneado de madera, mediante los que se podrá mejorar calidad de las piezas cilíndricas de madera. Aquí se presentarán datos acerca de tipos, funcionamiento, aplicaciones, materiales, resistencias, entre otras, de los sistemas mencionados. Es de vital importancia ya que gracias a la implementación del mismo lograremos cumplir con los objetivos y demandas. La industria nacional demanda en gran cantidad procesos competitivos, y productos de excelente calidad, por tal motivo el presente trabajo tiene como finalidad principal presentar un sistema de torneado de madera, que permita mejorar calidad en el producto.

Además de esto se podrá llevar el torneado de madera a un grado semindustrial, permitiendo también facilitar el proceso de torneado, logrando obtener productos de calidad que permitan a Carpintería Mayorga posicionarse en el mercado y mantener una competitividad que garantice la obtención de utilidades para la empresa, además se incentivará para realizar nuevos proyectos, mejorando así la producción en la Carpintería.

Por medio de esto se ayudará a que sus procesos sean más rápidos, obteniendo grandes beneficios y logrando así implementar mayor tecnología. Es factible realizar la investigación del problema y dar solución, la importancia científica que se va a obtener nos permitirá tener una base en nuevos conocimientos para futuras investigaciones a realizarse enmarcado en este tema. La investigación se centrará en presentar varias alternativas en sistemas de torneado de madera que permitan dar solución al problema planteado, el cual consta en la calidad de piezas cilíndricas de madera, evitando además de moras y retardos en la producción. Esto representará una parte fundamental como solución a

los problemas planteados producidos por el sistema actual de torneado de piezas cilíndricas de madera, que lleva la carpintería.

Además los operarios de Carpintería Mayorga podrán realizar con mayor facilidad la tarea encomendada, y no sufrirán accidentes o lesiones músculo esqueléticas, por trabajar en este puesto de trabajo, mejorando así la producción, y garantizando calidad en el producto.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Investigar un sistema de torneado de madera que permita mejorar la calidad en los productos en la Carpintería Mayorga.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Analizar la técnica de torneado de madera que se emplea dentro de la Carpintería Mayorga.
- Identificar los diferentes problemas que afectan a los operarios de la Carpintería Mayorga, al momento de realizar la tarea de torneado.
- Determinar de que forma se controla en la Carpintería Mayorga las dimensiones en las piezas torneadas.
- Proponer un sistema de torneado de madera que se ajuste a las necesidades requeridas por Carpintería Mayorga.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes Investigativos

El torneado de madera es un oficio antiquísimo, que se lo lleva haciendo desde hace más de 4000 años, en donde el hombre ha conseguido que los objetos torneados en madera sean útiles, a estos se los pueden hallar tanto en el mundo industrial como en el doméstico. Sin embargo, la tecnología asociada a estos, no es, en absoluto, una cuestión novedosa. Antes bien, para buscar su origen debemos remontarnos, hasta la antigüedad, donde ya se utilizaban los sistemas de torneado en madera para algún fin en particular.

Del proyecto realizado en la Escuela Superior Politécnica del Litoral Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción en el año 2003, de Diseño y Cálculo de una máquina Cilindradora para madera para la producción de mangos de utensilios de limpieza¹, de donde se obtuvo conclusiones de las cuales mencionaremos la más importante:

- “La forma de las cuchillas seleccionadas para realizar el proceso de cilindrado es muy importante para determinar la calidad del producto, por esta razón la cuchilla cóncava fue la elección, porque su concavidad permite un buen proceso de corte y pulido al palo de madera hasta que este alcanza su forma cilíndrica. Igualmente el ángulo de 15° con su respectiva curvatura permite suavizar la transición entre el proceso de corte y el proceso de pulido”.

¹<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2159/1/4280.pdf>

2.2. Fundamentación Filosófica

La presente investigación, del Estudio de Sistemas de Torneado de madera para mejorar calidad, es un desarrollo a partir de modelos ya existentes, pero el propósito general del mismo, es llegar a dar solución a la necesidad que tiene Carpintería Mayorga del Cantón Píllaro, para que se puedan proveer de un tipo de sistema de torneado actual a un menor costo, más sencillo de manejar, y de construcción nacional.

El trabajo de investigación no está reglamentado por ningún tipo de certificación de investigación. Es parte de una investigación documental y de campo, para el mejor entendimiento, formulación, y desarrollo de propuestas.

2.3. Fundamentación Legal

Constitución 2008 de la República del Ecuador:

Art. 385.- El Sistema Nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad:

3. Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir.

2.4. Categorías Fundamentales

2.4.1. Sistema

Puede entenderse como método, técnica, estilo, plan, procedimiento. Un sistema es un conjunto de partes o elementos organizados y relacionados que interactúan entre sí para lograr un objetivo, los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia, un bien.

Un sistema puede ser físico o concreto (una computadora, un televisor, un humano, una máquina herramienta) o puede ser abstracto o conceptual (un software). El mismo que ha evolucionado al pasar el tiempo.

2.4.2. Torneado de Madera

Ante la necesidad de cilindrar y dar forma a diversos utensilios, instrumentos y piezas ornamentales de madera y hueso, el hombre inventó y desarrolló sistemas de torneado, para cumplir con tal objetivo.

Con el pasar del tiempo se ha ido mejorando y cambiando los mismos, pasando de ser una tarea netamente manual en la antigüedad, hasta ahora a máquinas automáticas de control numérico.

2.4.2.1. El Torno

Se denomina torno a un conjunto de máquinas herramientas que permiten mecanizar piezas de forma geométrica de revolución. Estas máquinas operan haciendo girar la pieza a mecanizar mientras una o varias herramientas de corte son empujadas en un movimiento regulado de avance contra la superficie de la pieza, cortando la misma y arrancando viruta de acuerdo con las condiciones de mecanizado.

a. Torno Paralelo

El torno paralelo o mecánico es una máquina-herramienta en la cual la pieza de trabajo gira alrededor de un eje horizontal, mientras un útil de corte da forma al objeto paralelamente a la dirección de giro. 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 herramienta más importante que han existido.



FIGURA N°2.1. Torno paralelo.

[Fuente:foros.emagister.com/imagenes_foros/1/3/8/1/3/160842torno%20paralelo%20regular.jpg]

b. Partes del Torno de la Carpintería Mayorga



FIGURA N° 2.2.Torno para tornear madera.

[Fuente: Propia imagen capturada por el autor en la carpintería Mayorga]

El torno es una máquina sencilla en cuanto a diseño y operación, puesto que es de construcción artesanal. Las puntas sujetan la pieza a labrar entre el cabezal fijo y el cabezal móvil. El husillo del cabezal fijo, que está

conectado al motor, da cabida a una punta de espuela que hace girar la pieza. En el husillo del cabezal móvil hay una punta de cono o de taza llamada punta muerta, debido a que no gira con la pieza de trabajo.

Las principales partes del torno son:

Cabezal fijo.- Este contiene el eje principal de trabajo; en éste eje en un extremo va montado el mecanismo de reducción de velocidad, el mismo que es movido mediante poleas y en el otro extremo va montado la punta de espuela que sostiene y da el giro a la pieza para tornerarla.



FIGURA N° 2.3. Cabezal Fijo.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

Bancada.- Es la base o apoyo del torno. Sostiene y soporta todas las demás partes. Está fabricada con perfil estructural, está provista de robustos largueros y nervaduras de refuerzo para impedir deformaciones. En su parte superior se encuentra solidario el cabezal fijo, y el cabezal móvil junto con la herramienta de soporte se desplazan sobre este, no provee de guías para los elementos de movimiento.



FIGURA N° 2.4. Bancada.
[Fuente: Propia imágenes capturadas por el autor]

Cabezal móvil.- Sirve como contra soporte de la pieza a tornear cuando se tornea entre puntas. Es guiado a lo largo de la bancada del torno y puede fijarse en cualquier posición mediante una palanca de sujeción. Este sostiene a la punta de cojinete, se desplaza en sentido longitudinal, sobre la parte superior de la bancada, su movimiento es manual.



FIGURA N° 2.5. Cabezal Móvil.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

Herramienta de Soporte. Elemento en el que descansan las herramientas de corte para el mecanizado, gubias, formón, etc. Su desplazamiento es manual, puede fijarse en cualquier posición mediante una palanca de sujeción en cualquier dirección del plano sobre la parte superior de la bancada, permanece fijo durante la tarea.



FIGURA N° 2.6. Cabezal Móvil.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

2.4.2.2. Técnica de Torneado de madera

Con el torno se hace que la pieza en la que se trabaja gire sobre si misma y con ayuda de un instrumento cortante, se va dando la forma deseada a la madera. La máquina debe permanecer fija al suelo para que no se mueva. Estos se pueden dividir en dos grupos, los de movimiento alterno,

donde la pieza gira en uno u otro sentido alternativamente y los de movimiento continuo en los que el giro es siempre en un mismo sentido.

Entre las puntas que posee el torno, en el cabezal fijo y móvil, se sostiene el trozo de madera que se va a tornear. Este primero se desbasta para darle la forma de la figura a tornear y antes de sujetarlo al torno se trazan con el compás, los círculos y el resto de las formas que se van a realizar. Los dos puntos entre los que gira la pieza, deberán estar a la altura del codo del operario, para trabajar más cómodamente.

La herramienta de corte debe estar muy afilada para que los cortes sean muy limpios. Por lo general se utiliza una gubia o cuchilla (lisa o dentada) que se sostiene con las manos contra la herramienta de soporte.

Las herramientas (cuchillas) son de acero, estas van soldadas a una varilla de hierro con un mango de madera, tiene un largo aproximadamente de 75 cm de los cuales 20 cm son de mango. Este se apoya en el hombro y se sujeta con es a mano la madera y con la contraria se sujeta la parte de hierro que corta la pieza.

El movimiento de corte se realiza desde la parte más ancha a la más estrecha esto cuando la veta de la madera sea paralela al eje de giro y cuando la veta es perpendicular a este se trabaja a la inversa.

Los diferentes diámetros de la pieza torneada se miden (comparados visualmente) durante todo el proceso, casi constantemente.



FIGURA N° 2.7. Verificación de diámetros en piezas torneadas en Carpintería Mayorga.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

A veces no se trabaja toda la pieza, algunas partes se pueden dejar serradas, para las uniones.

El acabado de la pieza, se lo realiza dando pasadas muy finas con las cuchillas de ángulo recto, quedando las superficies lisas y brillantes. Algunos torneros realizan un último proceso, que es el secado, para el que utilizan tiempo y aceites para cerrar los poros que se generan en la pieza.

2.4.2.3. Torneado de piezas cilíndricas de madera²

- Se prepara la pieza a tornear de la medida que se necesite, a la misma que se le encuentra el centro.



FIGURA Nº 2.8. Palo cuadrado de madera encontrado el centro.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

- Luego se introduce la punta de espuela con un mazo. La marca de referencia en el extremo del trabajo corresponderá a una marca en la punta de la espuela, que permita una reinstalación correcta.



FIGURA Nº 2.9. Fijación de la punta de espuela.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

²<http://www.mimecanicapopular.com/vercarpi.php?n=76>

- Con la contrapunta correctamente asegurada, se empuja el cabezal móvil con el fin de sujetar el trozo de madera con la contrapunta, con objeto de que introduzca la punta de cojinete en la pieza de trabajo.



FIGURA Nº 2.10. Fijación de la pieza de trabajo.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

- Después se ajusta la herramienta de soporte de manera que no quede a una distancia superior de aproximadamente 3mm (1/8") de la pieza de trabajo, y aproximadamente 3mm (1/8") por encima de la línea central del husillo.



FIGURA Nº 2.11. Ajuste de la herramienta de soporte.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

- Empleando una gubia, se comienza a cortar a unos cuantos centímetros del extremo. Corte hacia el extremo y en dirección opuesta. Seguidamente, se repite este mismo procedimiento en el otro lado.



FIGURA Nº 2.12. Redondeado del palo cuadrado de madera.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

- Utilizando una cuchilla de filo oblicuo, se corta el palo de madera a su tamaño. Se realiza el corte solamente con la sección central de la cuchilla. La punta no deberá hacer contacto.



FIGURA N° 2.13. Corte con cuchilla de filo oblicuo.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

- El cilindro también se puede cortar finamente a su tamaño con un cepillo manual, Ajustando el cepillo para hacer cortes de poca profundidad, deslizándolo a lo largo de la herramienta de soporte.



FIGURA N° 2.14. Cilindrado del palo de madera con cepillo.
[Fuente: <http://www.mimecanicapopular.com/vercarpi.php?n=76>]

Este proceso descrito es el principal proceso de torneado, de aquí parten la mayoría de los elementos o piezas torneadas, variando la utilización de las herramientas para obtener un producto determinado.



FIGURA N° 2.15. Piezas torneadas en madera en la Carpintería Mayorga.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

2.4.2.4. Herramientas de Torneado

Las herramientas de Torneado deben poseer unas características muy especiales, por las exigencias del trabajo para el que están pensadas, El acero del que están hechas, debe ser templado de tal manera que permita retener su dureza, ya que la herramienta está expuesta a altas temperaturas durante el trabajo de torneado. Adicionalmente, la hoja debe ser bastante resistente para evitar la rotura durante el torneado, para conseguir acabados lo más finos posible, el acero debe ser fácilmente afilable, todo ello sin olvidar que el diseño de la herramienta debe ser robusta para soportar las vibraciones producidas al tornear la madera.

Por tal motivo, las herramientas de torno, al contrario de otras herramientas de escultura (fabricadas normalmente con acero al carbono), son fabricadas casi exclusivamente en acero HSS, este permite que la elasticidad, la dureza y la resistencia a altas temperaturas sean altamente mejoradas. Las herramientas fabricadas en este material son más duras, lo que significa que disponen de una longevidad más alta. La vida útil de una herramienta en acero HSS puede llegar a ser 6 veces superior a una herramienta fabricada en acero al carbono.³

En la siguiente figura, se muestra las herramientas de torneado con las que cuenta Carpintería Mayorga.



FIGURA N° 2.16. Herramientas para torneada madera.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

³ <http://www.mfluvia.com/images/torneado.pdf?osCsid=jle7i0er3nldbhq0up3gflsd5>

En la figura 2.17, se muestra (izquierda a derecha): tornillo de árbol, plato de torno, punto de espuela, punta roscada, mandril de engranes para perforar, adaptador, punta de cojinetes de bolas y punta muerta (de taza).

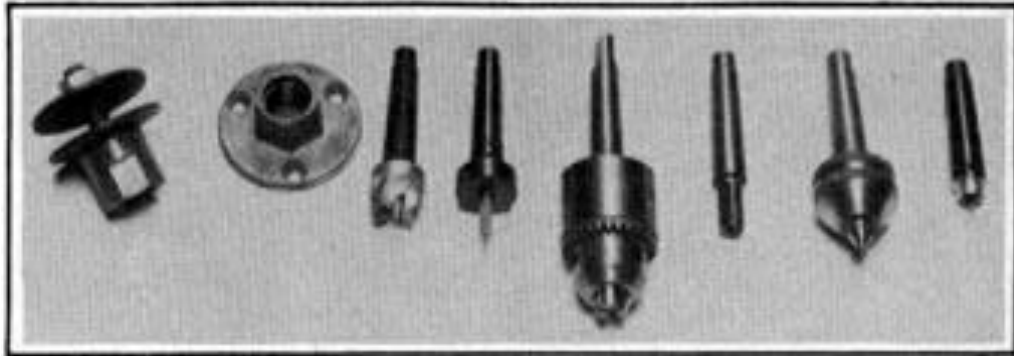


FIGURA Nº 2.17. Accesorios para torneear en madera.
[Fuente: <http://www.mimecanicapopular.com/vercarpi.php?n=76>]

2.4.3. Tipos de Torno⁴

Actualmente se utilizan en las industrias los siguientes tipos de tornos, dependiendo de: la cantidad de piezas a mecanizar por serie, de la complejidad de las piezas y del tamaño de las mismas. Por esta razón y para la fabricación en serie, de precisión y de calidad, se ha reemplazado el torno paralelo por tornos copiadores, revólver, automáticos y de CNC.

Para manejar bien estos tornos se requiere de profesionales muy bien calificados y con excelentes habilidades, ya que el manejo manual de sus carros puede ocasionar errores a menudo en la geometría de las piezas torneadas.

Torno Copiador

Se llama torno copiador a un tipo de torno que operando con un dispositivo hidráulico, mecánico o electrónico permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce el perfil de la pieza.

⁴http://www.canavese.com.ar/pedagogia/tornos/03%20tipo_de_tornos.htm

Este tipo de tornos se utiliza para el torneado de aquellas piezas que tienen diferentes escalones de diámetros, que tienen poco material excedente, son muy utilizados estos tornos en el trabajo de la madera y del mármol artístico para dar forma a las columnas embellecedoras. Además para piezas que han sido previamente forjadas o fundidas, la preparación para el mecanizado en un torno copiadore 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.

En la actualidad los tornos copiadores modernos, son sofisticados ya que permiten variar la velocidad de giro del cabezal así como el avance del carro portaherramientas. En algunos tornos copiadores es común encontrar más de una cuchilla, realizando más de una pasada, permitiendo hacer las operaciones de desbaste y acabado sin necesidad de sacar la pieza de la máquina.

Por lo general el sistema copiadore no se encuentra unido fijamente al torno sino que constituye un aparato aparte que se puede poner o no en el torno.

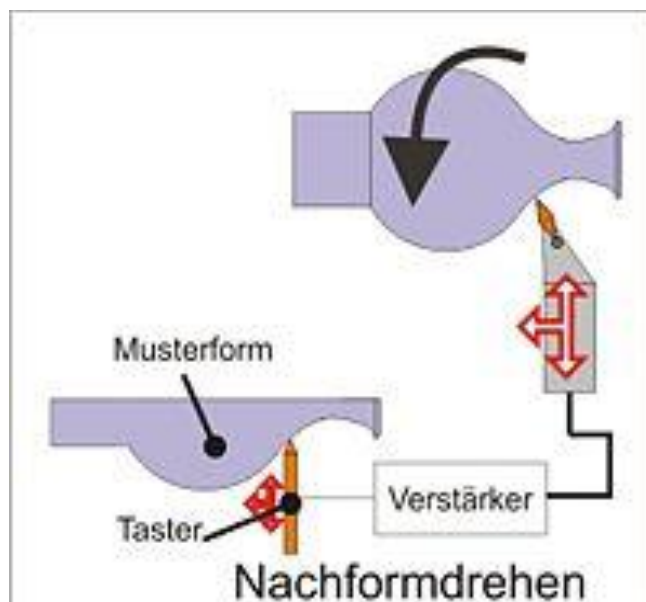


FIGURA N°2.18. Esquema de funcionamiento de un torno copiadore.
[Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Nachformdrehen.jpg>]

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 presenta esta condición son aquellas que partiendo de barras, adquieren una forma final de casquillo o similar. Una vez sujeta la barra por pinzas o 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.

Este torno posee una característica principal, lleva un carro con una torreta giratoria de forma hexagonal que ataca frontalmente a la pieza que se quiere mecanizar. Las diferentes herramientas que realizan el mecanizado de la pieza se insertan en la torreta, cada una de estas herramientas está controlada con un tope de final de carrera. También dispone de un carro transversal, donde se colocan las herramientas de segar, perfilar, ranurar, etc., es posible mecanizar piezas de forma individual, fijándolas a un plato de garras de accionamiento hidráulico.

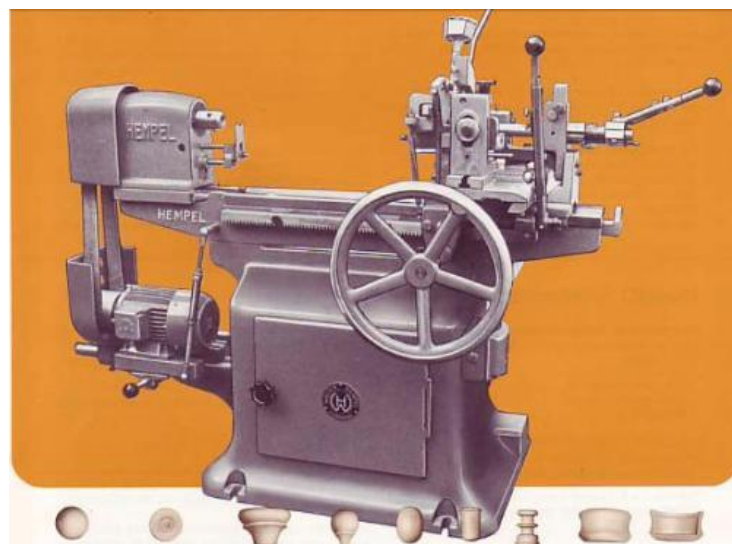


FIGURA N°2.19. Torno revólver.
[Fuente: <http://www.solostocks.com>]

Torno Automático

Se llama torno automático por tener el proceso de trabajo enteramente automatizado, incluso la alimentación de la barra necesaria para cada pieza, a partir de una barra larga insertada por un tubo que tiene el cabezal sujeta a su vez mediante pinzas de apriete hidráulico.

Los tornos automáticos pueden ser de un solo husillo o de varios husillos:

- Los de un solo husillo son empleados básicamente para el mecanizado de piezas pequeñas que requieran grandes series de producción.
- Para mecanizar piezas de grandes dimensiones se utilizan los tornos automáticos multihusillos, donde de forma programada en cada husillo se va realizando una parte del mecanizado de la pieza. El mecanizado final de la pieza resulta muy rápido porque todos los husillos mecanizan la misma pieza de forma simultánea, ya que estos van cambiando de posición,

Poner a punto estos tornos resulta una tarea muy laboriosa, 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.



FIGURA N°2.20. Torno automático.

[Fuente:<http://www.accesorios-carpinteria.com/herramienta.php?ver=86>]

Torno Vertical

Este tipo de torno está 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. En estos tornos verticales el eje está dispuesto verticalmente y el plato giratorio sobre un plano horizontal, lo que facilita el montaje de las piezas voluminosas y pesadas. Es pues el tamaño lo que identifica a estas máquinas, permitiendo el mecanizado integral de piezas de gran tamaño.

Este torno no permite mecanizar piezas que vayan fijadas entre puntos porque carecen de contrapunta, ya que esta se utiliza cuando la pieza es alargada. Debemos tener en cuenta que cuando la herramienta está arrancando la viruta ejerce una fuerza que puede hacer que flexione el material en esa zona y quede inutilizado. Dado que en esta máquina se mecanizan piezas de gran tamaño su único punto de sujeción es el plato sobre el cual va apoyado. La fijación de las piezas en el plato se hace mediante grúas de puente o polipastos.

Existen dos tipos fundamentales; tornos de cabezal fijo, y tornos de cabezal deslizante, en los primeros las herramientas van situadas sobre un carro, que es el que efectúa el avance, en el otro las herramientas van fijadas aun puente y no tienen avance alguno.



FIGURA Nº2.21. Torno vertical.

[Fuente:<http://spanish.alibaba.com/product-free-img/vertical-lathe-50995654.html>]

Torno CNC

Este torno es operado por medio de control numérico mediante computadora. Se caracteriza por ser una máquina herramienta muy eficaz para mecanizar piezas de revolución. Brinda una gran capacidad de producción y precisión en el mecanizado, tanto por su estructura funcional y porque la trayectoria de la herramienta de torneado es controlada a través del ordenador que lleva incorporado, este procesa las órdenes de ejecución contenidas en un software que previamente fue elaborado por el operario conocedor de la tecnología de mecanizado en el torno.

Este torno CNC, es ideal para el trabajo en serie y mecanizado de piezas complejas. Las herramientas van sujetas en un cabezal en número de seis u ocho mediante unos portaherramientas diseñados especialmente para cada máquina. Estas herramientas entran en funcionamiento de forma programada, permitiendo a los carros horizontal y transversal trabajar de forma independiente y coordinada, con lo que es fácil mecanizar ejes cónicos o esféricos así como el mecanizado integral de piezas complejas.



FIGURA N°2.22. Torno CNC.

[Fuente:http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Small_CNC_Turning_Center.jpg]

2.4.4. Parámetros de trabajo

2.4.4.1. Velocidad de corte⁵

Se llama velocidad de corte, a la velocidad circunferencial de la pieza, que al mismo tiempo, es la velocidad con la que se arranca una viruta, esta constituye una medida de la rapidez del movimiento de corte. Se la representa mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad \text{Ec: 2.1}$$

Donde:

v = Velocidad de corte (m/min)

d = Diámetro de la pieza (mm)

n = Velocidad de rotación de la pieza (rpm)

Esta tiene que ser elegida antes de iniciar el mecanizado y su valor afecta especialmente a la calidad, si tenemos una velocidad baja, el tiempo de torneado resulta demasiado alto, y si la velocidad de corte es elevada, la cuchilla pierde su dureza como consecuencia del calentamiento sufrido, desgastándose rápidamente, teniendo que ser afilada con frecuencia.

2.4.4.2. Velocidad de avance⁶

Es un factor muy importante, es la velocidad relativa entre la pieza y la herramienta, es decir, la velocidad con la que progresa el corte, depende fundamentalmente del diámetro de la pieza, de la profundidad de pasada y de la calidad de la herramienta. Se denota mediante la siguiente ecuación:

$$v_a = f \times n \quad \text{Ec: 2.2}$$

Donde:

v_a = Velocidad de avance (m/min)

⁵ HEINRICH, Gerling. Alrededor de las Máquinas Herramientas

⁶ <http://es.wikipedia.org/wiki/Torno>

f =Avance de la herramienta, dado en tablas (mm/rev)

n = Velocidad de rotación de la pieza (rpm)

2.4.4.3. Fuerza de corte

Las fuerzas que ejerce la herramienta sobre la pieza son: fuerza de avance (F_a), fuerza de alimentación o penetración (F_p) y fuerza de corte (F_c).⁷

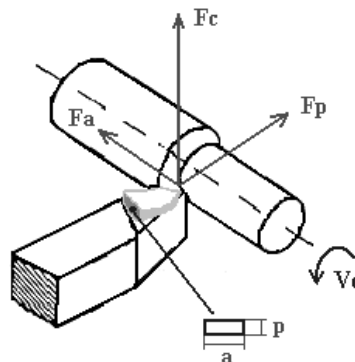


FIGURA Nº 2.23. Fuerzas que ejerce la herramienta sobre la pieza.

La fuerza de corte F_c , Se denota mediante la siguiente ecuación:

$$F_c = K_c \times S \quad \text{Ec: 2.3}$$

Donde:

K_c =Fuerza específica de corte

S =Sección de la viruta arrancada

La sección de la viruta arrancada S , es:

$$S = p \times a \quad \text{Ec: 2.4}$$

Donde:

p = Profundidad de corte (mm)

a = avance (mm)

La fuerza específica K_c es:

$$K_c = c \times \sigma_R \quad \text{Ec: 2.5}$$

Donde:

c = Esta comprendida entre $3 < c < 5$

En el caso de $K_c = 3\sigma_R$ las condiciones de corte son buenas.

⁷ SALUEÑA, Xavier. ALBERRO, Amelia. (2000). Tecnología Mecánica

De igual manera que ejerce fuerzas la herramienta sobre la pieza, se ejercen también fuerzas por parte de la pieza sobre la herramienta, cuando se esta torneando, presentándose como F la misma que se descompone en una fuerza principal de corte F_h , fuerza de avance F_v y fuerza de penetración F_r , como se muestra en la figura 2.24.

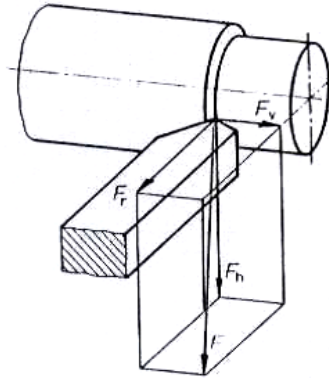


FIGURA N° 2.24. Fuerzas que ejerce la pieza sobre la herramienta.
[Fuente: http://www.multiwidia.com.ar/AUTOR_archivos/image020.jpg]

Como se aprecia en la figura 2.24, F_h actúa en dirección del movimiento principal de corte tratando de doblar hacia abajo la herramienta, F_v actúa en sentido contrario al avance que empuja lateralmente contra la herramienta, y F_r actúa en sentido opuesto al movimiento de aproximación y aprieta desde delante contra la herramienta del torno. Las fuerzas F_v y F_r son relativamente pequeñas frente a F_h .

2.4.5. Materia prima⁸

Generalidades de la Madera

Es un material compuesto natural, que está formado por células de celulosa armadas con una sustancia polimérica llamada lignina, y otros compuestos orgánicos.

Macroestructura de la madera

Es un producto natural con una estructura muy compleja, por lo tanto no se la debe considerar como un material homogéneo, es un producto cuya

⁸ SMITH, William. (1998). Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

resistencia es fuertemente anisotrópica, con una resistencia a la tracción mucho mayor en la dirección paralela al tronco del árbol.

Capas en la sección transversal de un árbol.- Primero se examina la sección transversal de un árbol típico, mostrado en la figura 2.25, en donde se indican las capas más importantes.

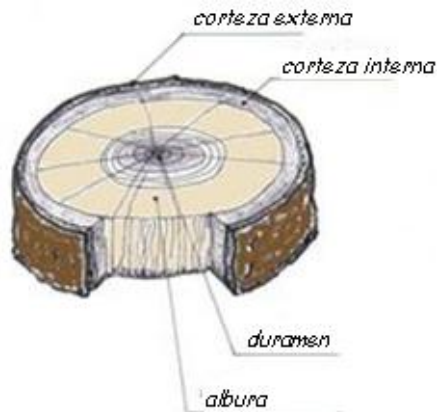


FIGURA N° 2.25. Corte transversal del tronco de un árbol.

[Fuente:http://www.construmatica.com/construpedia/Archivo:Corte_Transv_Tronco_de_C3%81rbol.jpg]

Corteza externa.- constituida por tejido seco y muerto, protege al árbol.

Corteza Interna.- es húmeda y blanda, conduce los alimentos hacia todas las partes en crecimiento del árbol.

Duramen.- es la región mas antigua interna del árbol, no está viva, por lo general es más oscura que la albura y proporciona resistencia al árbol.

Albura.- forma la parte exterior del tronco del árbol, contiene algunas células vivas, que conducen la savia desde las raíces hasta las hojas.

2.4.5.1. Propiedades mecánicas de la madera⁹

La resistencia de la madera depende fundamentalmente de su densidad, la misma que a su vez depende del contenido de agua y del tipo de madera. Cuando la madera esta seca, hasta menos de aproximadamente 30% de agua, se logra un aumento en la unión de las fibras, así como en la densidad, dando lugar al incremento en la resistencia y rigidez de la

⁹ http://www.ccad.ws/proarca/p_proarca/pdf_sigma/Madera.pdf

madera. Las propiedades mecánicas de la madera son altamente anisotrópicas. En la figura 2.26, se muestra las diferentes direcciones en un leño, la madera presenta un comportamiento anisotrópico debido a diferencias en orientación de las celdas y del grano.¹⁰

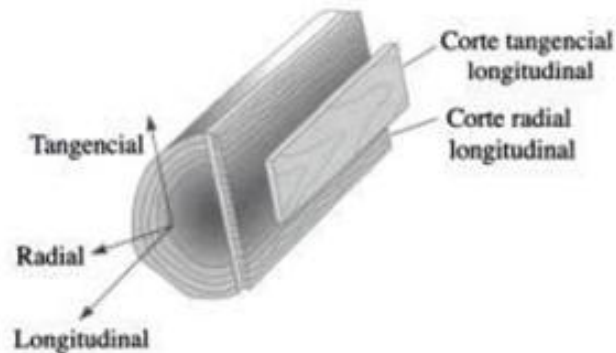


FIGURA N° 2.26. Direcciones en un leño.

Elasticidad – Deformabilidad

Sometido a cargas pequeñas, la madera se deforma de acuerdo con la ley de Hookees es decir, que las deformaciones son proporcionales a las tensiones. Cuando se sobrepasa el límite de proporcionalidad la madera se comporta como un cuerpo plástico y se produce una deformación permanente. Al seguir aumentando la carga, se produce la rotura.

El módulo de elasticidad E depende de, la clase de madera, contenido de humedad, del tipo, de la dirección de aplicación de los esfuerzos y de la duración de los mismos. El valor de E en el sentido transversal a las fibras será de 4000 a 5000 kg/cm^2 . El valor de E en el sentido de las fibras será de 80.000 a 180.000 kg/cm^2 .

Flexibilidad

Esta propiedad la poseen algunas maderas. Permite a estas poder ser dobladas o ser curvadas en su sentido longitudinal, sin romperse. Si la madera es elástica, recupera su forma primitiva, cuando la fuerza termina. La madera presenta una característica especial para sobrepasar su límite de elasticidad por flexión sin que se produzca rotura inmediata, siendo

¹⁰ ASKELAND, Donald. (2004). Ciencia e Ingeniería de los Materiales.

esta una propiedad que la hace útil para la curvatura (muebles, ruedas, cerchas, instrumentos musicales, etc.).

Dureza

Esta propiedad depende de la cohesión de las fibras y de su estructura, es la oposición, que pone la madera de ser penetrada por otros cuerpos como clavos, tornillos, etc., o a ser trabajada por medio de cepillo, sierra, gubia, formón. La dureza de la madera depende de la especie, de la zona del tronco, de la edad, por lo general coincide que las más duras son las más pesadas.

- El duramen es más duro que la albura.
- Las maderas verdes son más blandas que las secas.
- Las maderas fibrosas son más duras.
- Las maderas más duras se pulen mejor.

Resistencia al corte

Es la resistencia que presenta la madera frente a la acción de una fuerza que tiende a partir o cortar la madera en dos partes cuando la dirección del esfuerzo es perpendicular a la dirección de las fibras. Si la fuerza es máxima en sentido perpendicular a las fibras será cortadura y mínima en sentido paralelo a las mismas será desgarramiento o hendibilidad.

Hendibilidad

Propiedad que presenta la madera frente a la acción de una fuerza que tiende a partir o cortar la madera en dos partes, cuando la dirección de la fuerza es paralela a la dirección de las fibras. La madera tiene cierta facilidad para hendirse o separarse en el sentido de las fibras. Una cuña, penetra fácilmente en la madera, venciendo por presión la fuerza de cohesión de las fibras (no las corta). Esta propiedad se observa fácilmente al momento de hacer leña, en la dirección de las fibras se separa en dos fácilmente.

Desgaste

Cuando las maderas están sometidas a un rozamiento o a una erosión, sufren pérdida de materia (desgaste). La resistencia al desgaste es importante en las secciones perpendiculares a la dirección de las fibras, menor en las tangenciales y muy pequeña en las radiales.

Resistencia a la tracción

La madera es un material muy indicado para el trabajo a tracción, su uso en elementos sometidos a este esfuerzo sólo se ve limitado por la dificultad de transmitir a dichos elementos los esfuerzos de tracción. También influye el carácter anisótropo de la madera, siendo mucho mayor la resistencia en dirección paralela que en perpendicular a las mismas. La rotura en tracción se produce de forma súbita, comportándose la madera como un material frágil. Esto significa que en las piezas sometidas a tracción los problemas aparecerán en las uniones.

Resistencia a la compresión

La madera, en dirección de las fibras, resiste menos a compresión que a tracción, siendo la relación del orden de 0,50, aunque variando de una especie a otra de 0,25 a 0,75. En la cual influyen varios factores: La humedad, en general, por debajo del punto de saturación de las fibras (30%), la resistencia a compresión aumenta al disminuir el grado de humedad, no obstante, a partir de ese porcentaje la resistencia es prácticamente constante.

Resistencia a la Flexión

Puede considerarse que la madera no resiste nada al esfuerzo de flexión en dirección radial o tangencial. No ocurre lo mismo si está aplicado en la dirección perpendicular a las fibras.

Fatiga

Llamamos límite de fatiga a la tensión máxima que puede soportar una pieza sin romperse.

2.4.5.2. Defectos en la madera¹¹

Se refiere a cualquier anomalía o irregularidad que disminuya el valor comercial de la madera porque:

- Disminuye su resistencia.
- Afecta su trabajabilidad.
- Sus cualidades de acabado o su apariencia son malas.

El origen de los defectos, se los puede ubicar en el crecimiento, secado y mecanizado.

Defectos relacionados con el crecimiento

Son imperfecciones en la madera de árboles vivos, originados por la forma como crece el árbol o por anomalías en el crecimiento.

Aquí se puede citar los siguientes defectos:

- a) Grano desviado en la madera
- b) Nudos

a) Grano desviado en la madera

El grano desviado se presenta cuando el alineamiento de las fibras en una pieza de madera no coincide con el eje longitudinal de la pieza. Estas imperfecciones, en algunos casos son aprovechadas con propósitos decorativos, son consideradas como ventajas por la figura atractiva que producen.

¹¹http://www.almamater.edu.co/Memorias.PDF/3.Defectos.de.Madera_Alberto.Londono_UT.pdf



FIGURA N° 2.27. Grano desviado en la madera.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

b) Nudos

Es la parte de la rama que queda incrustada en el tronco del árbol o de una rama mayor.



FIGURA N° 2.28. Nudos presentes en la madera.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor]

Defectos relacionados con el secado

Aquí se presenta varios defectos como: Fendas o Rajaduras, Nudo agrietado y nudo saltadizo, Colapso, entre otras.

Fendas o Rajaduras.- Se denomina así a las rupturas en la madera a lo largo del grano que se desarrollan durante el secado de la madera, como se observa en la figura 2.29.



FIGURA N° 2.29. Grietas y rajaduras.

Nudo agrietado y nudo saltadizo.- Se forman grietas alrededor de los nudos, otros sobresalen o están introducidos de la superficie plana de la madera (nudo saltadizo), como se observa en figura 2.30.

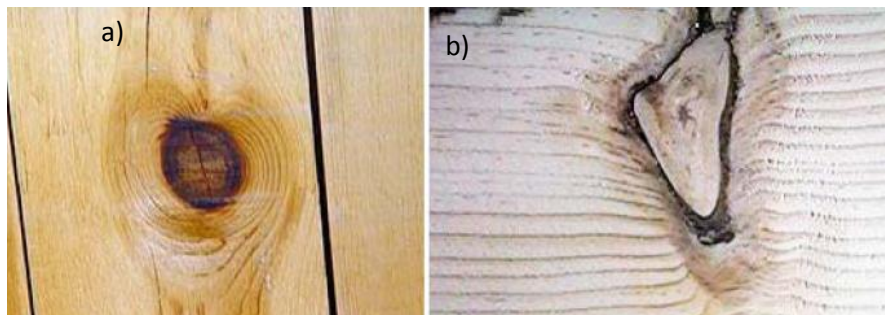


FIGURA N° 2.30. a) Nudo agrietado, b) Nudo saltadizo.

Colapso.- Este defecto se produce algunas veces cuando el duramen muy húmedo de ciertas especies es sometido a secado, en la figura 2.31, muestra agrietamiento interno y colapso en madera de Cedro.



FIGURA N° 2.31. Agrietamiento interno y colapso.

Defectos originados en el maquinado

Al momento del maquinado de la madera, se vuelven evidentes una serie de defectos, que pueden o no estar relacionados con un secado o almacenamiento inapropiados, los mismos que pueden ser:

Grano levantado.- Producido por el maquinado de la madera cuando esta posee un contenido de humedad mayor al 12%. En le cepillado se presenta como una superficie corrugada.

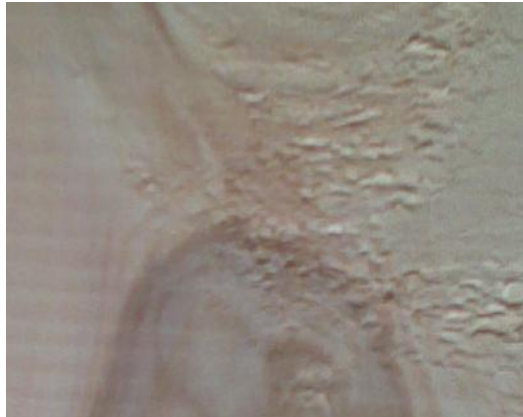


FIGURA N° 2.32. Grano levantado.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor.]

Grano suelto.- Este se presenta en la superficie de la madera como la separación y rizado de los anillos de crecimiento sobre la superficie de una tabla plana fig. 2.33.



FIGURA N° 2.33. Grano suelto.

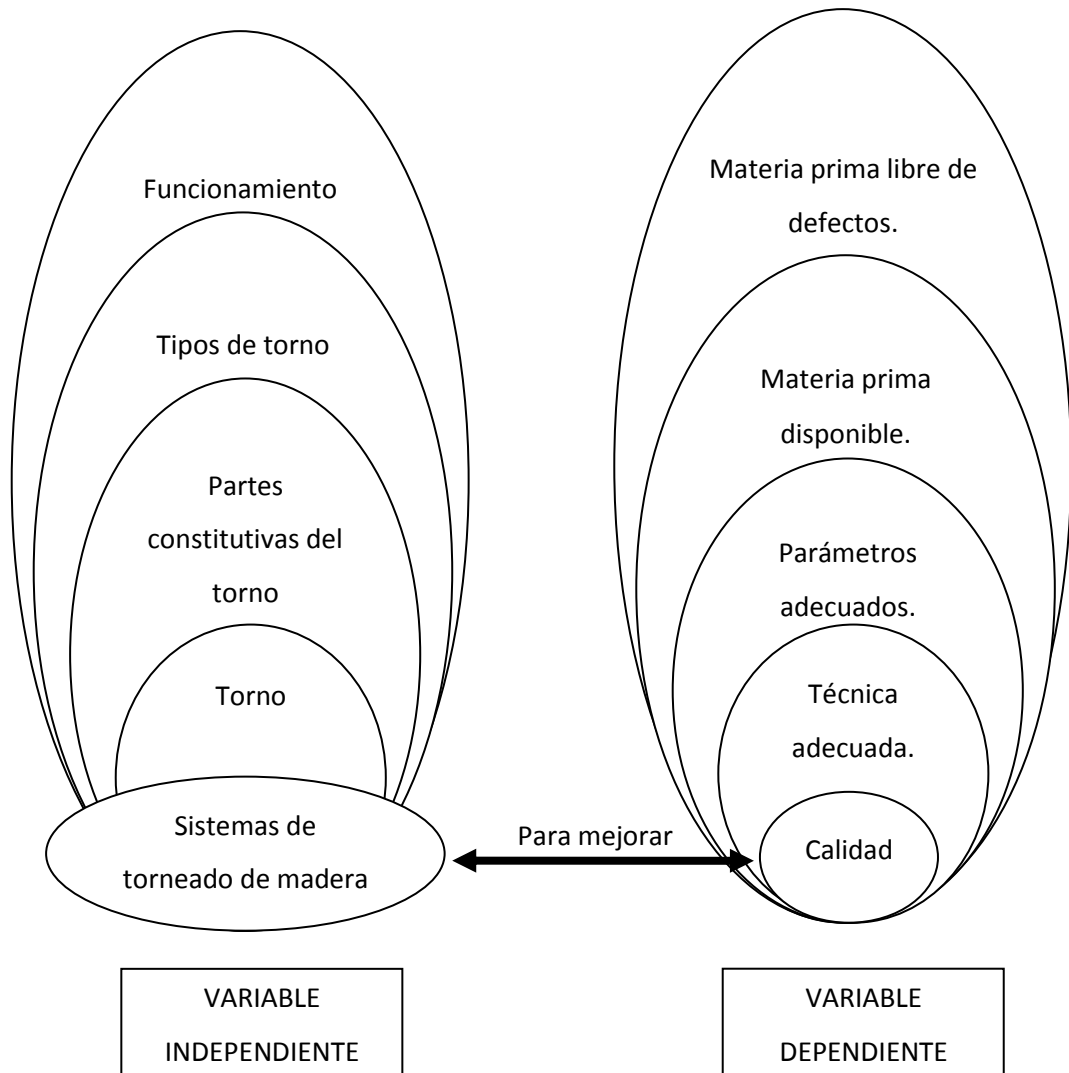
Grano desgarrado y grano astillado

Estos defectos pueden ser originados por falta de filo en las cuchillas y mala colocación, la velocidad de alimentación, o la pendiente y la variación en la dirección del grano de la madera, La madera con un contenido de humedad del 5% o menos es más propensa a sufrir el astillado y desgarre del grano.



FIGURA N° 2.34. a) Grano desgarrado, b) grano astillado.
 [Fuente:http://www.almamater.edu.co/Memorias.PDF/3.Defectos.de.Madera_Alberto.Londono_UT.pdf]

2.5. Categorización de Variables



2.6. Hipótesis

La Implementación de un sistema de torneado de madera mecánico mejorará calidad en la Carpintería Mayorga del Cantón Píllaro.

2.7. Señalamiento de Variables

2.7.1. Variable Independiente

Sistemas de torneado de madera

2.7.2. Variable Dependiente

Calidad en la Carpintería Mayorga del Cantón Píllaro.

2.7.3. Término de Relación

Para mejorar

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Enfoque

El enfoque del presente proyecto de investigación será guiado por un estudio cualitativo, porque se presentará características de los sistemas existentes de torneado, los mismos que son necesarias para realización del proyecto en la empresa.

3.2. Modalidad básica de la Investigación

3.2.1. De Campo

El presente trabajo de investigación será de campo porque se realizará en la carpintería “Mayorga” del Cantón Píllaro, donde se desarrollará la investigación para obtener información de los problemas que tienen.

3.2.2. Bibliográfica-Documental

El trabajo de investigación será bibliográfica/documental, debido a que se apoyará en fuentes de carácter documental, la misma que se la realizará en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica en la Universidad Técnica de Ambato.

3.3. Nivel o Tipo de Investigación

3.3.1. Exploratorio

El presente trabajo de investigación es exploratorio ya que se la realizará para obtener un conocimiento previo acerca del problema planteado, para luego realizar un posterior análisis más profundo.

3.3.2. Descriptiva

El trabajo de investigación tiene modalidad descriptiva ya que el objetivo central de esta es la descripción del problema planteado.

3.3.3. Experimental

En el presente trabajo se puede introducir cambios deliberados y así observar los cambios producidos, ya que se realizarán las pruebas necesarias para la verificación del funcionamiento del sistema de torneado, que permitirá mejorar calidad en la Carpintería Mayorga.

3.4. Población y Muestra

El presente proyecto de investigación está destinado a dar solución a los diferentes problemas suscitados en la Carpintería Mayorga, por consiguiente no se cuenta con población y muestra, para el desarrollo del presente proyecto nos apoyaremos en la observación, tomando apuntes en fichas o algún medio que facilite la recolección de la información.

3.5. Operacionalización de Variables

3.5.1. Variable Independiente

Estudio de sistemas de torneado de madera

| LO ABSTRACTO | | LO OPERATIVO | | |
|---|--------------------------|---------------------------------------|--|------------------------------|
| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ITEMS | TÉCNICA E INSTRUMENTOS |
| Se trata de un procedimiento para dar forma a la madera mediante arranque de partículas, más o menos finas, de material, con ayuda de un torno. | Torno. | Sistema manual. | ¿Qué tiempo toma realizar el proceso? | Bibliográfica Observación |
| | | Sistema mecánico. | ¿El sistema de torneado ofrece seguridad? | Bibliográfica Observación |
| | Procedimiento o técnica. | Torneado con herramientas necesarias. | ¿De qué manera puedo mejorar la técnica en el proceso? | Bibliográfica Observación |

3.5.2. Variable Dependiente

Calidad en la Carpintería Mayorga

| LO ABSTRACTO | | LO OPERATIVO | | |
|---|-----------------------|--|---|--------------------------------|
| CONCEPTUALIZACIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES | ÍTEMS | TÉCNICA E INSTRUMENTOS |
| Indica el parámetro o factor ideado para calificar el grado de bondad de un producto. | Producto aceptable | Piezas uniformes con excelentes acabados | ¿Qué sistema permitirá mantener características iguales en el producto? | Bibliográfica |
| | Producto no aceptable | Piezas de distintos diámetros. | ¿Qué factores afectan la calidad del producto? ¿De qué forma se nota calidad en el producto? | Observación Observación |

3.6. Plan de recolección de la Información

Para la recolección de la información en el presente proyecto, se empleará, la técnica de observación ya que por medio de esta el investigador interviene de manera directa con los principales involucrados del problema. Se utilizará una guía de observación (Anexo C), la cual estará en relación, con los problemas que se suscitan en la empresa.

3.7. Plan de procesamiento y análisis de la información

- Selección de la técnica de recolección de información

- Recolección de información
- Selección de material bibliográfico
- Revisión Crítica de la Información recogida.
- Determinar variables en la hipótesis
- Analizar e Interpretar los resultados

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de los resultados

Aquí se procederá a analizar, toda la información recopilada con la guía de observación, y datos del estudio. Para la realización de este sistema de torneado de madera se seleccionará una alternativa, tomando en cuenta las características de cada uno de ellos, para luego realizar comparaciones con el actual sistema.

TABLA N° 4.1. Alternativas para la solución.
[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| | Características: |
|-------------------------------------|---|
| Torno Copiador: (Alt. a) | <ul style="list-style-type: none">✓ Permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma siguiendo el perfil de una plantilla.✓ Facilidad de operación.✓ Mantiene uniformidad.✓ No se encuentra unido fijamente al torno sino que constituye un aparato aparte que se puede poner o no en él.✓ Bajo costo, en implementación del mecanismo.✓ Fácil accesibilidad de mantenimiento del mecanismo. |
| Torno Revólver: (Alt. b) | <ul style="list-style-type: none">✓ Permite realizar varias operaciones de torneado sobre la misma pieza de trabajo.✓ Disponibilidad de varias herramientas.✓ Permite mecanizar piezas de forma individual.✓ Necesidad de personal capacitado para operar.✓ Mecanizado de piezas en corto tiempo.✓ Alto costo en operación y mantenimiento. |

Continúa

Tabla Nº 4.1 (Continuación)

| | |
|--|--|
| <p>Torno Automático: (Alt. c)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Proceso de trabajo automatizado. ✓ Disponibilidad de varios husillos que realizan una parte del mecanizado. ✓ Tiempos cortos en mecanizado de piezas. ✓ Operación programable, por personal capacitado. ✓ Alto costo en operación y mantenimiento. |
| <p>Torno Vertical: (Alt. d)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Mecaniza piezas de gran tamaño y peso. ✓ Necesidad de personal capacitado para operar. ✓ Necesidad de equipos adicionales para fijación de pieza de trabajo. ✓ Alto costo en operación y mantenimiento. |
| <p>Torno CNC: (Alt. e)</p> | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Operado por medio de control numérico mediante computadora. ✓ Gran capacidad de producción ✓ Precisión en el mecanizado. ✓ Necesidad de personal capacitado para operarlo. ✓ Rentable para trabajos en serie y mecanizado de piezas complejas. ✓ Alto costo en operación y mantenimiento. |

4.1.1. Análisis y selección de la alternativa

Para el cumplimiento y desarrollo del proyecto se cuenta con estas cinco alternativas, cuyo estudio requiere una valoración de cada una de ellas para así obtener un parámetro de comparación que permita la elección de una de estas como la mejor alternativa. Para elegir con mejor criterio el sistema de torneado de madera se utilizará una tabla comparativa, tomando en cuenta algunas características de cada una de ellas. A cada característica se asigna un puntaje: 7, 8 o 9 cuyo significado dependerá de la característica que se evalúe, así por ejemplo:

- Bajo, fácil, liviano, muy bueno 9
- Medio, no tan fácil, peso medio, bueno 8
- Alto, difícil, pesado, regular 7

Se seleccionará aquella alternativa que reúna mayor puntaje luego de que se evalúen todas las características anotadas. Para la calificación se tomará como referencia una alternativa ideal que es aquella cuyo valor es el máximo (9).

TABLA N° 4.2. Comparación de alternativas.

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| Características: | Puntaje: | | | | | |
|--|----------|--------|--------|--------|--------|------------|
| | Alt. a | Alt. b | Alt. c | Alt. d | Alt. e | Alt. ideal |
| Facilidad de construcción y montaje | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 |
| Facilidad de mantenimiento | 9 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 |
| Funcionalidad | 7 | 9 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| Facilidad de operación y control | 9 | 8 | 7 | 7 | 9 | 9 |
| Seguridad | 8 | 8 | 9 | 7 | 7 | 9 |
| Costo | 9 | 7 | 7 | 7 | 7 | 9 |
| TOTAL: | 50 | 46 | 45 | 44 | 47 | 54 |
| ÍNDICE %: | 92 | 85 | 83 | 81 | 87 | 100 |
| ORDEN DE SELECCIÓN: | 1 | 3 | 4 | 5 | 2 | |

De acuerdo a lo obtenido en la tabla 4.2, la alternativa seleccionada es la “a”, la que corresponde al sistema de torneado con copiador.

TABLA N° 4.3. Características del Sistema de torneado.

[Fuente: Guía de Observación]

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| Características: | Sistema de torneado tradicional | Alternativa de solución (Mecanismo Copiador) |
|------------------------|--|---|
| Riesgo | Operario expuesto a lesiones por sujetar herramienta de corte con sus manos. | Facilita la tarea, previsto de porta herramienta. |
| Ergonómico | Esfuerzo físico en las manos del operario. | Comodidad al realizar la tarea |
| Desarrollo del proceso | Depende de la experiencia del operario | Sencillo de manejar. |
| Control de dimensiones | Visualmente, comparación con otra pieza torneada en madera | Permite la reproducción del perfil de un patrón. |

4.1.2. Ensayos

4.1.2.1. Ensayo con el sistema de torneado tradicional

TABLA N° 4.4. Porcentaje de uniformidad de piezas cilíndricas $\varnothing=60$ mm.

[Fuente: Guía de Observación]

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| Diámetro mm: | Número de piezas: | % Uniformidad |
|---------------|-------------------|---------------|
| 60 | 5 | 62.5 |
| 55 | 2 | 25 |
| 50 | 1 | 12.5 |
| 45 | 0 | 0 |
| TOTAL: | 8 | 100 |

TABLA N° 4.5. Porcentaje de uniformidad en piezas cónicas $\varnothing_M=60$ mm,
 $\varnothing_m=30$ mm.

[Fuente: Guía de Observación]

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| Diámetro mm: | | Número de piezas: | % Uniformidad |
|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|
| $\varnothing_{\text{Mayor}}$ | $\varnothing_{\text{menor}}$ | | |
| 60 | 30 | 4 | 50 |
| 55 | 25 | 3 | 37.5 |
| 50 | 20 | 1 | 12.5 |
| 45 | 15 | 0 | 0 |
| TOTAL: | | 8 | 100 |

4.1.2.2. Ensayo con el sistema copiador mecánico

TABLA N° 4.6. Porcentaje de uniformidad en piezas cilíndricas $\varnothing=60$ mm.

[Fuente: Guía de Observación]

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| Diámetro mm: | Número de piezas: | % Uniformidad |
|---------------|-------------------|---------------|
| 60 | 7 | 87.5 |
| 55 | 1 | 12.5 |
| 50 | 0 | 0 |
| 45 | 0 | 0 |
| TOTAL: | 8 | 100 |

TABLA N° 4.7. Porcentaje de uniformidad en piezas cónicas $\varnothing_M=60\text{mm}$,
 $\varnothing_m=30\text{mm}$.

[Fuente: Guía de Observación]

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| Diámetro mm: | | Número de piezas: | % Uniformidad |
|------------------------------|------------------------------|-------------------|---------------|
| $\varnothing_{\text{Mayor}}$ | $\varnothing_{\text{menor}}$ | | |
| 60 | 30 | 6 | 75 |
| 55 | 25 | 2 | 25 |
| 50 | 20 | 0 | 0 |
| 45 | 15 | 0 | 0 |
| TOTAL: | | 8 | 100 |

4.1.2.3. Resultados del tiempo de torneado

TABLA N° 4.8. Tiempos de Torneado en palos de 80 cm con $\varnothing=60\text{mm}$.

[Fuente: Guía de Observación]

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

| N° | Tiempo min | |
|---------------|----------------------|---------------------|
| | Sistema Tradicional: | Mecanismo Copiador: |
| 1 | 2.47 | 2.50 |
| 2 | 2.46 | 2.46 |
| 3 | 2.52 | 2.47 |
| 4 | 2.49 | 2.48 |
| TOTAL: | 10.56 | 10.51 |

4.2. Interpretación de datos

Como se observa en las tablas de los ensayos realizados, para mantener uniformidad en las piezas torneadas es necesario implementar un mecanismo copiador, el mismo que garantice medidas uniformes en el producto terminado, ya que se podrá contar con un patrón (modelo) que permita guardar uniformidad. Por medio del mecanismo se logrará mejorar la Calidad en la Carpintería Mayorga, notándose esto en el producto final lo cuál será aceptable para la clientela.

Además de esto, se facilitará la tarea de torneado de madera y se brindará comodidad al operario al momento de realizarla, en comparación con la técnica actualmente utilizada.

De acuerdo al ensayo realizado para determinar el tiempo de torneado, el mecanismo permite, reducir el tiempo en centésimas de segundo, lo cual se podrá mejorar aun más con el desarrollo de nuevos proyectos basados en este, de esta manera Carpintería Mayorga en un futuro no muy lejano pueda contar con procesos de producción rápidos, y no solo en lo referente a torneado de madera sino también en los demás procesos que lleva realizando la Carpintería.

4.2.1. Análisis del funcionamiento del mecanismo copiador

La utilización del sistema mecánico copiador permitió cumplir con el objetivo deseado de mejorar calidad en la Carpintería Mayorga, ya que este permite el control de los diferentes parámetros como:

- La profundidad de corte por medio del tornillo transversal (Fig. 4.1. a).
- El avance del carro porta herramienta por medio del mecanismo piñón-cremallera (Fig. 4.1. b).
- Control de las dimensiones de las piezas torneadas, en base a un patrón de una pieza determinada (Fig. 4.2).



FIGURA N° 4.1. Torneado de madera actual en la Carpintería Mayorga.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor.]



FIGURA N° 4.2. Torneado de piezas cónicas en la Carpintería Mayorga.
[Fuente: Propia imagen capturada por el autor.]

4.3. Verificación de Hipótesis

Al implementar un mecanismo copiador en el torno existente en la Carpintería Mayorga, se incrementó la uniformidad dimensional en las piezas torneadas, notándose esto en el mejoramiento de la calidad del producto terminado, ya que el operario podrá controlar de mejor manera los diferentes parámetros que intervienen en el proceso. Además al sentirse cómodo, y trabajar fácilmente, realizará su tarea con mayor rapidez. Esto a su vez genera un terminado de mejor calidad en el producto, y constituye una buena alternativa para mejorar los procesos productivos del taller.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- En la actualidad es necesario, revisar constantemente los procesos, sistemas, técnicas de producción para mantenerlos competitivos, a nivel de la demanda y desarrollo tecnológico.
- Con la información recogida se pudo tener una visualización más práctica sobre los diferentes problemas que afectan, a Carpintería Mayorga, al momento de torneear la madera, y la calidad que generaba esta.
- El sistema de torneado actual que lleva realizando carpintería Mayorga es netamente manual
- El torno no esta previsto de guías en su bancada, por lo que será necesario implementar una, para un mejor desarrollo del proyecto.
- El torno con copiador, permite el torneado de piezas de acuerdo a las características de la misma, siguiendo el perfil de una plantilla que reproduce el perfil de la pieza.
- El sistema copiador mecánico permitirá contar con un patrón (modelo), garantizando, calidad en todos sus productos torneados, además reduciendo tiempo, y brindando seguridad al operario.
- El sistema copiador mecánico se basará en productos que realiza carpintería Mayorga, de igual manera la plantilla o patrón.
- El sistema copiador mecánico deberá contar con un portaherramientas, para que el operario ya no sujete la misma con sus manos, y no esté expuesto a golpes y lesiones.

- Las propiedades de la madera, influyen notablemente en la calidad, ya que de esta depende el acabado superficial, y la facilidad de realizar la tarea.
- Las maderas que presentan en su superficie un grano recto y casi libre de nudos generan un mejor acabado.
- La calidad de las piezas torneadas de madera, depende de muchos factores tales como la velocidad de corte, velocidad de avance, propiedades de la madera, y por ende que el operario se encuentre adiestrado para este trabajo. La misma que se nota en el acabado, las medidas, espesores, entre otros Para determinar la calidad del producto terminado, se compara la calidad dimensional, obtenida entre el sistema de torneado tradicional con la implementación del mecanismo copiador.
- Para la tarea de tornear madera, el operario no sujetará la herramienta o cuchilla con las manos, puesto que el mecanismo está dispuesto de una porta cuchillas, brindando seguridad al operario, reflejándose en la calidad de las piezas torneadas y en la disminución del tiempo de torneado.

5.2. Recomendaciones

- Del estudio realizado, se recomienda a Carpintería Mayorga la implementación de un Sistema Copiador Mecánico, el cual permitirá mantener Calidad, en sus productos.
- El sistema copiador mecánico, permitirá un fácil montaje y desmontaje del torno, para que ofrezca facilidad de mantenimiento.
- Para obtener un buen acabado, se debe escoger, una madera que este casi libre de defectos.
- La madera que proviene del Oriente como el Colorado Manzano, Aguano, Huacamayo Caspi, entre otras es la mas fácil de tornear, la misma que no deberá estar muy seca.

- Utilizar las maderas duras de, Colorado Manzano (Piaste, Requia), Aguano (Tornillo), es decir maderas que presenten un grano recto y casi sin nudos.
- Se debe fijar bien la pieza, para evitar cabeceos, al momento de torneear.
- No dejar el palpador muy salido, ya que puede haber atascamientos, procurar recorrer todo el perfil.
- Nivelar las superficies de trabajo, con el fin de tener un buen desempeño en el carro porta cuchillas y en el carro porta palpador.
- Limpiar y mantener engrasado las guías, se recomienda usar para la lubricación WD-40, si es posible semanalmente, piñones y guías.
- Verificar la funcionalidad del mecanismo para evitar daños en el mismo.
- Seguir las normas de seguridad y escoger los parámetros adecuados para un buen proceso de torneado.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA

6.1. Datos Informativos

La implementación del mecanismo copiador se realizará en el torno de la Carpintería Mayorga, la máquina es de fabricación artesanal, sus dimensiones son largo 2000 mm, ancho 300 mm (bancada), alto 950 mm, el material con el que está fabricado es acero ASTM A36, otros accesorios como punta de espuela, contrapunto, poleas del mecanismo reductor, están hechos de acero AISI 1020.

La rotación de la pieza se la realiza con motor eléctrico de 2HP, 60Hz, 1720 rpm, el mismo que tiene un juego de poleas, que actúa como regulador de velocidad, el torno se encuentra bajo cubierta.

La función que cumplirá el mecanismo copiador en el torno, es la de seguir una plantilla (patrón, modelo) y reproducir una similar a esta, moverá la herramienta en dirección paralela a la bancada, garantizando uniformidad en las piezas torneadas, también minimizando tiempo, aligerando el trabajo y reduciendo esfuerzos aplicados por parte del operador. Además de esto, el mecanismo se expondrá a virutas gruesas y pequeñas, a aserrines, polvos.

Las maderas que se tornean son: Laurel, Ciprés, Pino, Colorado manzano entre otras, siendo los moriscos en madera para pasamanos de gradas, y patas para mesas (redondas) los de mayor demanda. Los mismos que tienen una longitud de 80 cm y diámetros de 6 cm aproximadamente.

6.2. Antecedentes de la propuesta

En la Carpintería Mayorga actualmente se elabora torneados para pasamanos de gradas y patas redondas para mesas, las mismas que se las realiza con un sistema netamente manual, y sin ningún control, generando calibres diferentes en las piezas torneadas. Por tal motivo surge la necesidad de mejorar el sistema de torneado empleado en la actualidad, que permita mejorar y mantener calidad dimensional en el producto, además se reducirá tiempo y brindará seguridad al operario.

El sistema copiador mecánico deberá ajustarse para la longitud de 80 cm, ya que esa es la medida de los moriscos y patas, al igual que la plantilla (modelo). Además el desplazamiento del copiador debe ser de forma fácil y susceptible para una futura automatización. El mecanismo facilitará el montaje y desmontaje del torno, para que permita elegir si se trabaja con este o no.

El mecanismo piñón cremallera es el más utilizado en modelos existentes para mover la herramienta a través de la plantilla y la pieza.

6.3. Justificación

La finalidad primordial de la presente propuesta, es mejorar la calidad en la Carpintería Mayorga, manteniendo uniformidad en sus productos, garantizando la satisfacción de la clientela. Por tal motivo es necesaria la Implementación de un mecanismo copiador en el torno de la misma.

Con la implementación del copiador al torno, el operario podrá realizar la tarea con mayor facilidad, notándose esto en la calidad del producto, en el incremento de la producción, y llevando a esta tarea artesanal a semi-industrial, permitiendo con esto a Carpintería Mayorga en el futuro, automatizar el mecanismo y contar con un sistema novedoso de tornear.

6.4. Objetivos

6.4.1. Objetivo General

Acoplar un sistema mecánico coprador al torno para mejorar calidad dimensional en torneados de madera en la Carpintería Mayorga.

6.4.2. Objetivos Específicos

- Disminuir tiempo en el proceso de torneado.
- Facilitar la tarea de torneado.
- Brindar seguridad al operario en la realización del torneado.
- Incrementar el rendimiento del operario.

6.5. Análisis de Factibilidad

La presente propuesta de implementar un mecanismo coprador al torno es posible realizarlo tomando en cuenta el interés que ha puesto Carpintería Mayorga al permitir utilizar sus instalaciones y facilitar el acceso a una de sus máquinas (torno para madera), además de brindar la información técnica necesaria para la realización del presente trabajo.

Se aporta con el desarrollo de la microempresa con la implementación del mecanismo coprador, puesto que permite mejorar calidad de los productos y además elevar la producción. También se facilita la operación en el proceso garantizando seguridad al operario.

Para la elaboración del presente proyecto se cuenta con material bibliográfico y didáctico como: libros de diseño mecánico, manuales de tornería en madera, catálogos de herramientas maquinaria, revistas, imágenes, por tal motivo es factible la realización del proyecto, dada la disponibilidad de las materiales.

6.6. Fundamentación

6.6.1. Parámetros de trabajo del torno de la Carpintería Mayorga

a. Análisis de velocidades

El torno de la Carpintería Mayorga trabaja con un motor eléctrico de 2HP, 1720 rpm, este tiene un juego de poleas que regulan la velocidad y son:

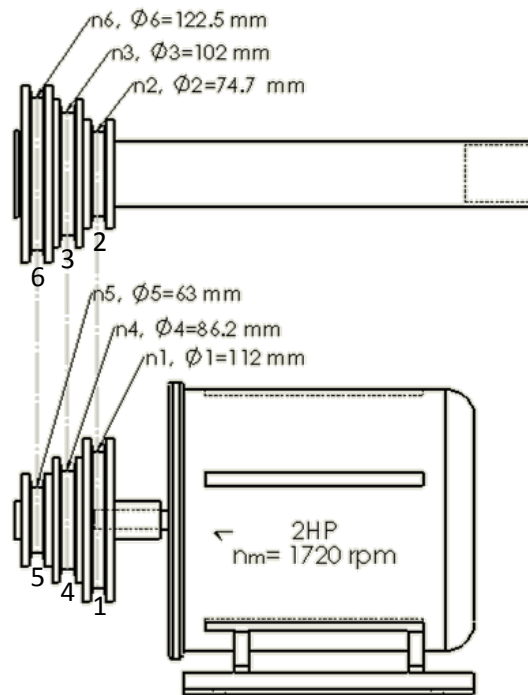


FIGURA N° 6.1. Mecanismo regulador de velocidad.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Como $n_m = n_1 = n_4 = n_5 = 1720 \text{ rpm}$, por estar las 3 poleas conectadas en el eje del motor, se tiene:

$$n_2 = \frac{n_1 d_1}{d_2} = \frac{1720 \text{ rpm} \times 112 \text{ mm}}{74.7 \text{ mm}}$$

$$n_2 = 2578.84 \text{ rpm}$$

$$n_3 = \frac{n_4 d_4}{d_3} = \frac{1720 \text{ rpm} \times 86.2 \text{ mm}}{102 \text{ mm}}$$

$$n_3 = 1453.57 \text{ rpm}$$

$$n_6 = \frac{n_5 d_5}{d_6} = \frac{1720 \text{ rpm} \times 63 \text{ mm}}{122.5 \text{ mm}}$$

$$n_6 = 884.57 \text{ rpm}$$

b. Cálculo de la velocidad de corte

Aplicando la Ec: 2.1, con cada una de las velocidades y considerando un diámetro de 60 mm, por ser la medida más torneada en piezas de madera en la Carpintería Mayorga, se tiene:

$$v_2 = 486.09 \text{ m/min}$$

$$v_3 = 274 \text{ m/min}$$

$$v_6 = 166.74 \text{ m/min}$$

Estos valores representa la velocidad con la cual se arranca la viruta.

c. Cálculo de la velocidad de avance

Con la velocidad mayor de corte $v_2 = 486.09 \text{ m/min}$ se determina el avance (ver Anexo A1), considerando que la herramienta para el proceso debe tener alta tenacidad (ver Anexo A2), de donde se tiene:

$$f = a = 0.1 \text{ mm/rev Avance}$$

Aplicando la Ec: 2.2, la velocidad de avance se tiene:

$$v_{a2} = 257.9 \text{ m/min}$$

$$v_{a3} = 145.4 \text{ m/min}$$

$$v_{a6} = 88.5 \text{ m/min}$$

d. Cálculo de la Fuerza de Corte

Aquí intervienen las fuerzas que ejercen la cuchilla sobre la pieza y viceversa. Para determinar esta en el torneado se toma las Ecuaciones: 2.3, 2.4, 2.5, respectivamente:

$$F_c = K_c \times S$$

$$K_c = c \times \sigma_R$$

$$S = p \times a$$

De las maderas disponibles para el proceso, en la Carpintería Mayorga, se escoge la que presenta mayor resistencia al corte por ser la que mayor esfuerzo produce (ver Anexo A3). Para $\sigma_c = \sigma_R = 670 \frac{kg}{cm^2} = 65.68 MPa$

Luego para determinar la profundidad de corte se toma en cuenta el palo cuadrado de madera, se considera la medida inicial y el diámetro deseado (Fig. 6.2).

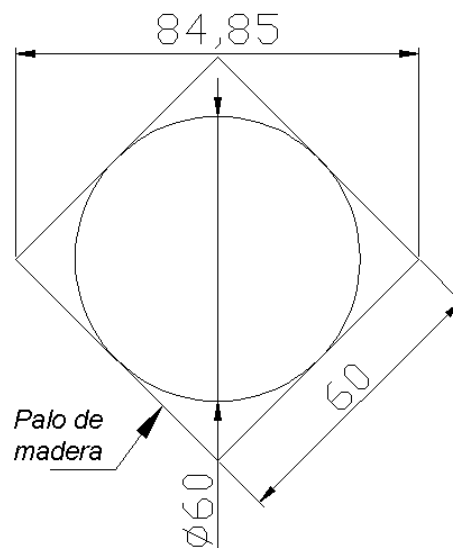


FIGURA N° 6.2. Esquema del desbaste del palo de madera.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

De la figura 6.2 se tiene:

Diámetro inicial $d_i = 84.85 mm$

Diámetro final $d_f = 60 mm$

De donde la profundidad de corte se la determina con la ecuación:

$$p = \frac{d_i - d_f}{2} \quad \text{Ec: 6.1}^{12}$$

$$p = \frac{84.85 mm - 60 mm}{2}$$

$p = 12.43 mm$ Profundidad de corte total.

Como se sabe que $S = 12.43 mm \times 0.1 mm/rev \therefore S = 1.24 mm^2$, entonces encuentro c , en la tabla 6.1 interpolando y se tiene: $c = 4.73$.

¹² BARTSCH, Walter. (2003). Alrededor del Torno

TABLA 6.1. Relación c.

| Sección de viruta S = mm ² | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 |
|---------------------------------------|-----|-----|---|------|-----|-----|-----|
| Relación c | 4,8 | 4,5 | 4 | 3,75 | 3,5 | 3,5 | 3,3 |

[Fuente: SALUEÑA, Xavier. ALBERRO, Amelia. Tecnología Mecánica]

Con S y c, aplicando la Ec: 2.3:

$$F_c = (4.73 \times 65.68 \text{ MPa}) 1.24 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F_c = 385.26 \text{ N}$$

Esta fuerza es la principal de corte, además de esta hay la de penetración y la de avance, las que actúan ejerciendo esfuerzos sobre el porta cuchillas (Figuras 2.23, 2.24), estas fuerzas se determinan a partir de la relación:

$$F_c : F_p : F_a \rightarrow 4 : 2 : 1$$

Ec: 6.2¹³

Donde la fuerza de corte $F_c = F_h$ tangencial es dos veces mayor que la radial $F_p = F_r$, y cuatro veces mayor que la fuerza axial $F_a = F_v$ ¹³.

$$F_p = \frac{F_c}{2} = 192.63 \text{ N}$$

$$F_a = \frac{F_c}{4} = 96.32 \text{ N}$$

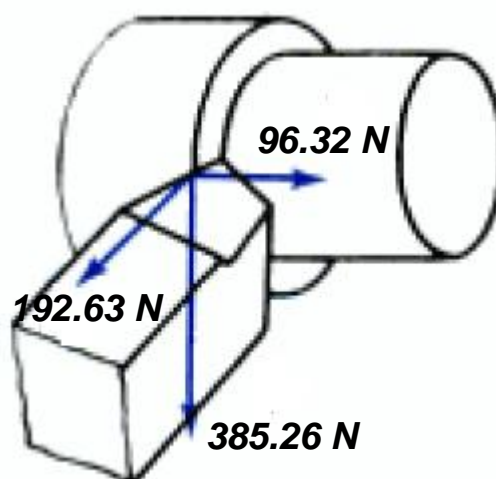


FIGURA Nº 6.3. Fuerzas de torneado.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

¹³ www.cis.uva.es/imeim/Grupo6.doc

6.6.2. Diseño Mecánico

Análisis del Porta Cuchillas

El porta cuchillas es el elemento mecánico que sirve para sujetar la herramienta de corte deberá ofrecer buena sujeción, además de tener la altura ideal para un buen proceso de torneado (Fig. 6.4), es necesario que la sujeción sea firme y segura, las superficies del porta cuchillas no deben ser lisas para evitar deslizamientos de la herramienta.

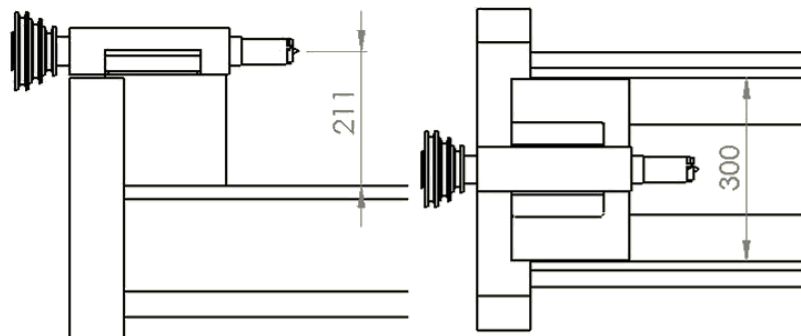


FIGURA N° 6.4. Altura del cabezal móvil y ancho de la bancada del torno.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

De acuerdo a las medidas que tienen la herramientas de corte para el torneado de madera, el porta cuchillas tendrá una superficie de 20 mm de ancho, 20 de alto y tomando en cuenta las medidas del apoya herramientas del torno, este tendrá la siguiente forma:

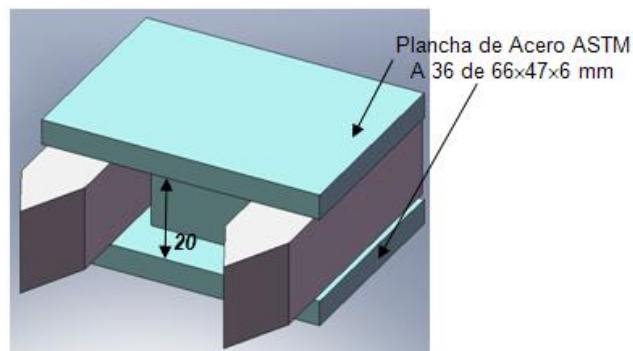


FIGURA N° 6.5. Esquema del porta cuchillas.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Para el diseño, el porta cuchilla se lo realizará con dos planchas de acero de 66×47 mm, la misma que tendrá un espesor de 6mm, con una altura de 20mm, será en forma de canal (Fig. 6.5), en Acero ASTM A 36.

En el momento de tornejar las piezas de madera, se ejercen fuerzas sobre la cuchilla (Fig. 6.6), estas actúan produciendo esfuerzos en el porta cuchillas. Para el diseño se utilizará la fuerza principal de corte $F_h = F_c$, esta es la que mayor esfuerzo genera.

F_h , actúa en el porta cuchilla, esta fuerza genera dos clases de esfuerzos, un esfuerzo de flexión y un esfuerzo cortante:

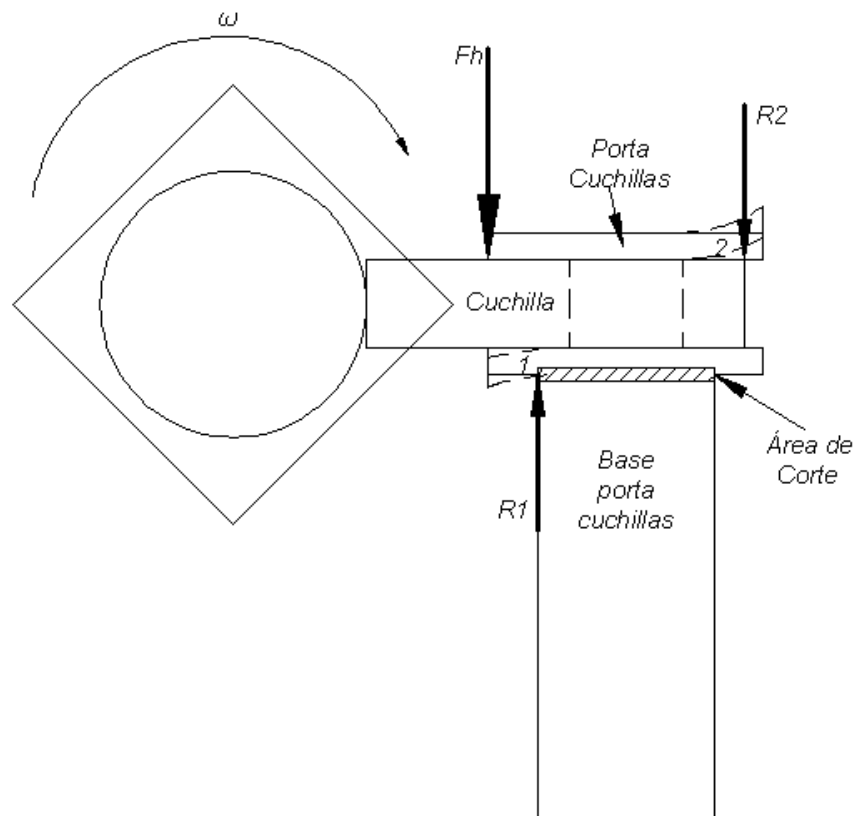


FIGURA N° 6.6. Fuerza que actúa sobre el porta cuchilla.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Cálculo de las reacciones producidas en el porta cuchillas

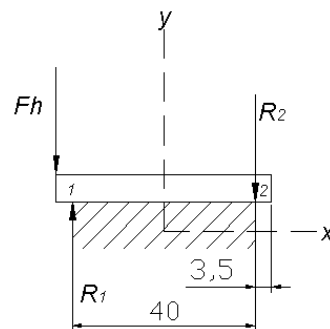


FIGURA N° 6.7. Diagrama de cuerpo libre Porta Herramientas.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_1 - R_2 - F_h = 0$$

$$R_1 - R_2 = F_h(1)$$

$$\sum M_1 = 0$$

$$F_h \times 0.0035 \text{ m} - R_2 \times 0.04 \text{ m} = 0$$

$$385.26 \text{ N} \times 0.0035 \text{ m} - R_2 \times 0.04 \text{ m} = 0 \therefore R_2 = 33.71 \text{ N}$$

Reemplazando en (1), se tiene: $R_1 = 351.55 \text{ N}$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector se tiene:

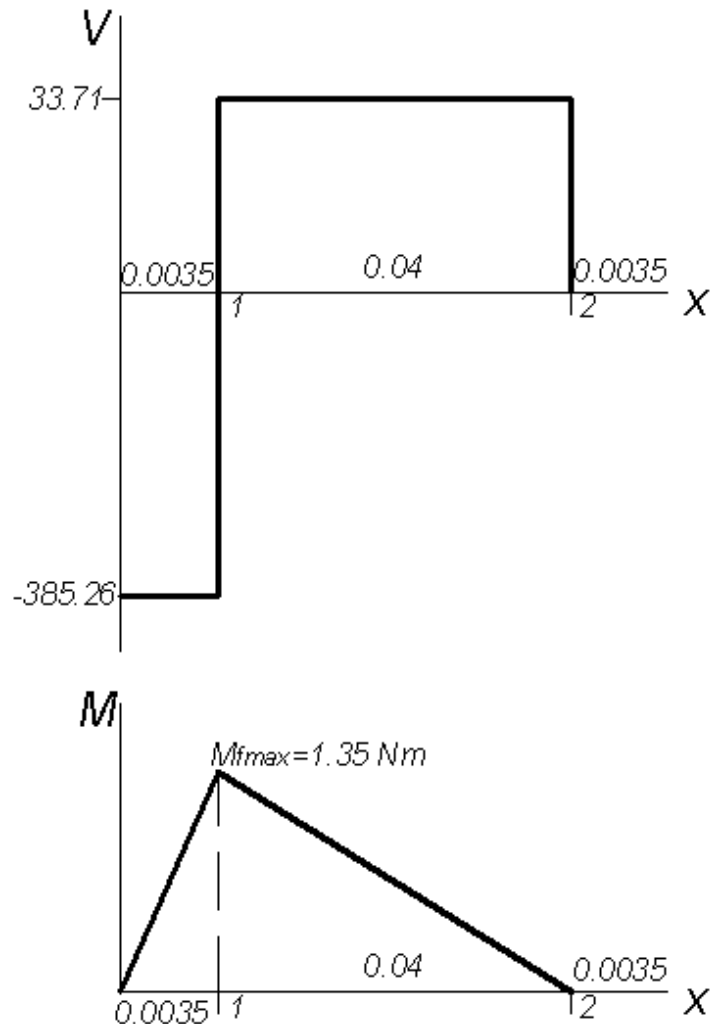


FIGURA N° 6.8. Fuerza Cortante y Momento flector porta herramienta.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

La planchas de acero del porta cuchillas se someten a flexión, y se calcula con la siguiente ecuación¹⁴:

$$\sigma_x = \frac{Mc}{I} \quad \text{Ec: 6.3}$$

Reemplazando valores en 6.3 se tiene:

$$\sigma_x = \frac{1.35 \text{ Nm} \times 0.0235 \text{ m}}{0.047 \text{ m} \times (0.006 \text{ m})^3 / 12}$$

$$\sigma_x = 37.5 \text{ MPa}$$

El porta cuchillas debe estar situado a la altura del contra punto, para cumplir con esto se escoge para el diseño un tubo cuadrado de 40×2 mm, con una longitud de 100 mm. Este elemento sostendrá al porta cuchillas en la altura deseada, estará sometido a esfuerzo cortante τ , este tiene dirección opuesta a la fuerza de corte F_h (Fig. 6.6) y actúa sobre una de las placas metálicas, y la base del porta cuchillas.

Como se sabe $\tau = F/A$, de donde tenemos:

$$\tau = \frac{F_h}{A}$$

Donde el área del tubo estructural cuadrado (ver Anexo B2) es:

$$A_{\text{Tubo}\square} = 2.94 \text{ cm}^2$$

$$\tau = \frac{385.26 \text{ N}}{0.000294 \text{ m}^2} = 1.31 \text{ MPa}$$

Comprobación del diseño del porta cuchillas

Por exactitud se elige la teoría de la energía de distorsión, como base del diseño. El esfuerzo Von Mises tenemos como Ec: 6.4¹⁵:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau_{xy}^2} \quad \text{Ec: 6.4}$$

$$\sigma' = \sqrt{(72)^2 + 3(1.31)^2} \text{ MPa}$$

$$\sigma' = 37.56 \text{ MPa}$$

¹⁴ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

¹⁵ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

El factor de seguridad se determina, considerando el material que es Acero A 36 con $S_y = 250 \text{ Mpa}$ (ver Anexo B1), mediante la siguiente ecuación¹⁴:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} \quad \text{Ec: 6.5}$$

$$n = \frac{250 \text{ Mpa}}{37.56 \text{ Mpa}}$$

$n = 6.6 \rightarrow$ Elemento y material cumple

El porta cuchillas cumple con los requerimientos, ya que su factor de seguridad es mayor que 1, y garantiza buena resistencia.

Análisis de la base del porta cuchillas

A más de la fuerza de corte F_h , tenemos presente otras fuerzas resultantes producto de la misma (Fig. 2.24), estas actúan generando esfuerzos en la base del porta cuchillas como se muestra en la siguiente figura:

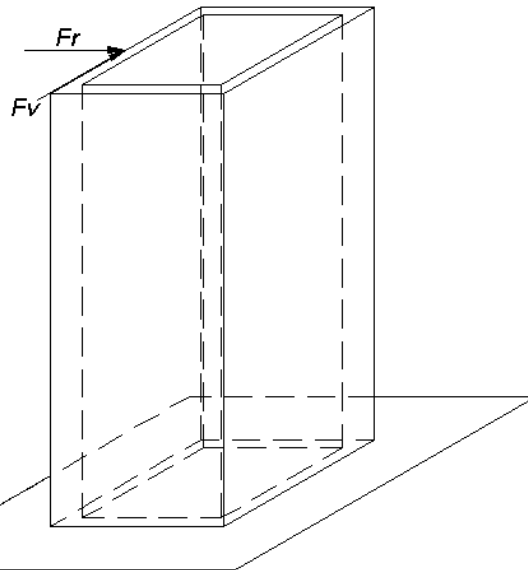


FIGURA N° 6.9. Fuerzas que actúan en la base del porta cuchillas.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Cálculo de las reacciones producidas en la base del porta cuchillas

Para determinar las reacciones en este elemento se la considera como una viga en voladizo, carga en el extremo, para el diseño se escoge un tubo cuadrado de 40x2 y 100 mm en Acero A-500.

De la figura 6.3, tenemos F_v y F_r , las mismas que producen las siguientes reacciones:

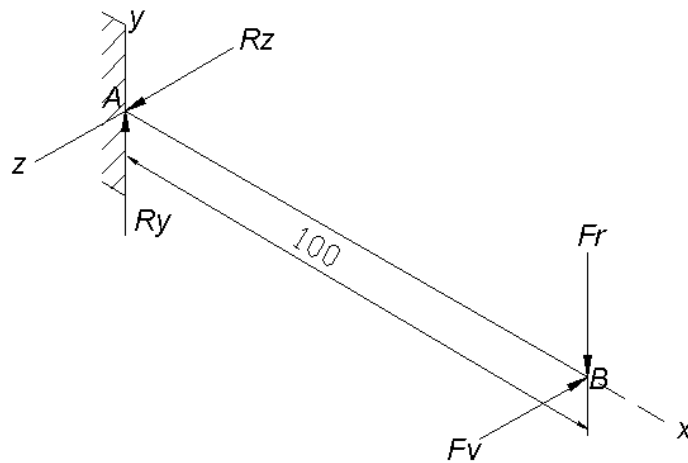


FIGURA N° 6.10. Diagrama de cuerpo libre de la base del porta cuchillas.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Plano x-y:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y - F_r = 0 \therefore R_y = 192.63 \text{ N}$$

$$M_{fz} = 19.26 \text{ Nm}$$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano x-y se tiene:

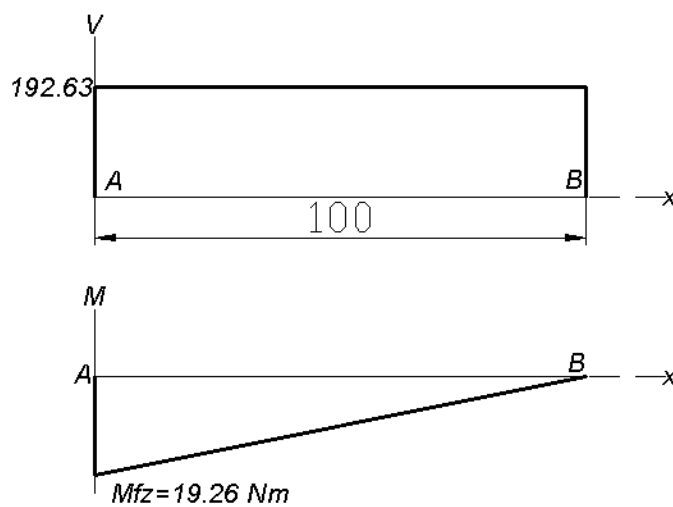


FIGURA N° 6.11. Fuerza Cortante y Momento flector de la base del porta cuchillas x-y.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Plano x-z:

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_z = 0$$

$$R_z - F_v = 0 \therefore R_z = 96.32 \text{ N}$$

$$M_{fy} = 9.63 \text{ Nm}$$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector en plano x-z se tiene:

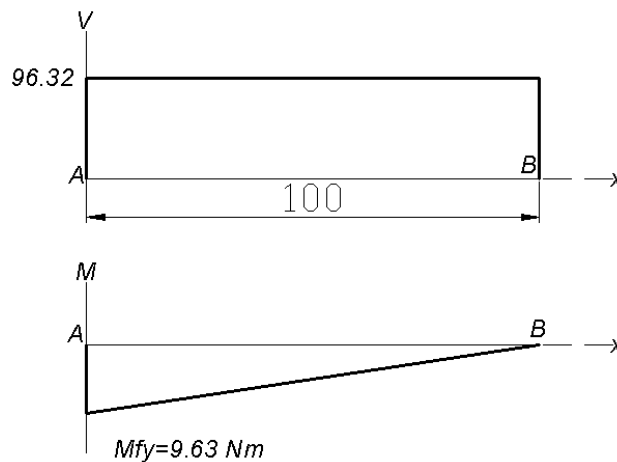


FIGURA N° 6.12. Fuerza Cortante y Momento flector de la base del porta cuchillas x-z.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

De donde tenemos:

$$R = \sqrt{R_y^2 + R_z^2} \therefore R = 414.23 \text{ N} \rightarrow R = F_t = 215.37 \text{ N}$$

$$M_{fmax} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = 21.53 \text{ Nm}$$

El mayor esfuerzo se localiza en el punto A y lo determinamos mediante

Ec: 6.3:

$$I = 6.93 \text{ cm}^4 \text{ (ver Anexo B2)}$$

$$\sigma_x = \frac{21.53 \text{ Nm} \times 0.02 \text{ m}}{6.93 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 6.21 \text{ MPa}$$

El esfuerzo a corte tenemos:

$$\tau_{xy} = \frac{F_t}{A} \rightarrow \tau = \frac{215.37 \text{ N}}{0.000294 \text{ m}^2} = 0.73 \text{ MPa}$$

Comprobación del diseño de la base del porta cuchillas

Aplicando la teoría de la energía de distorsión Ec: 6.4:

$$\sigma' = \sqrt{(6.21)^2 + 3(0.73)^2}$$

$$\sigma' = 6.34 \text{ Mpa}$$

Como el material del tubo es Acero ASTM A-500, $S_y = 269 \text{ MPa}$ (ver Anexo B3), el factor de seguridad tenemos:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{269 \text{ MPa}}{6.34 \text{ MPa}} = 42 \rightarrow \text{Elemento y material cumple}$$

Análisis del carro principal:

Este servirá como base y guía para el carro porta palpador, y el carro porta cuchillas, tomando en cuenta el ancho de la bancada 300 mm, y la altura del contrapunto 211 mm, deberá tener un largo de 450 mm y una altura aproximadamente de 70 mm, para garantizar una superficie de deslizamiento amplia el ancho se estima de 100 mm. Las guías deben ofrecer facilidad de desplazamiento, montaje y desmontaje de los carros.

Del catálogo de productos de aceros de DIPAC[®], se selecciona para el diseño 2 ángulos de 50×50×2 mm, para la base principal, y las guías de ángulo de 20×20×2 mm, las dos en Acero ASTM A36.

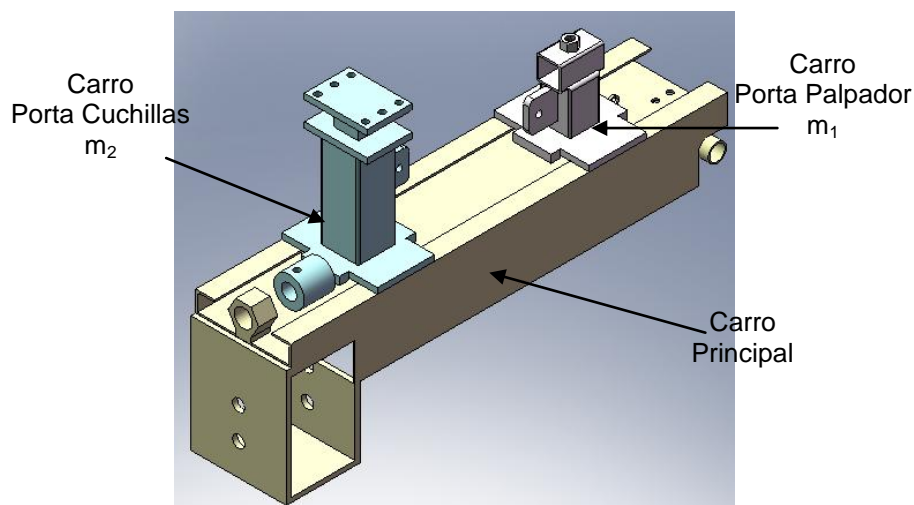


FIGURA N° 6.13. Esquema del Carro Principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Cálculo de las reacciones producidas en el carro principal

Datos:

$$m_1 = 1 \text{ lb} = 0.4536 \text{ kg} \text{ Masa carro porta palpador}$$

$$m_2 = 1.75 \text{ lb} = 0.794 \text{ kg} \text{ Masa carro porta herramienta.}$$

Además del peso de los carros la fuerza de corte principal $F_h = 385.26 \text{ N}$ actuará sobre el carro principal, esta es la que más esfuerzos genera.

Los ángulos para la guía irán soldados a la base principal para que tenga la altura deseada, se considera como si fuese un solo elemento, y las cargas que este soporta se ubican en el medio, por ser el punto crítico en donde puede fallar el elemento.

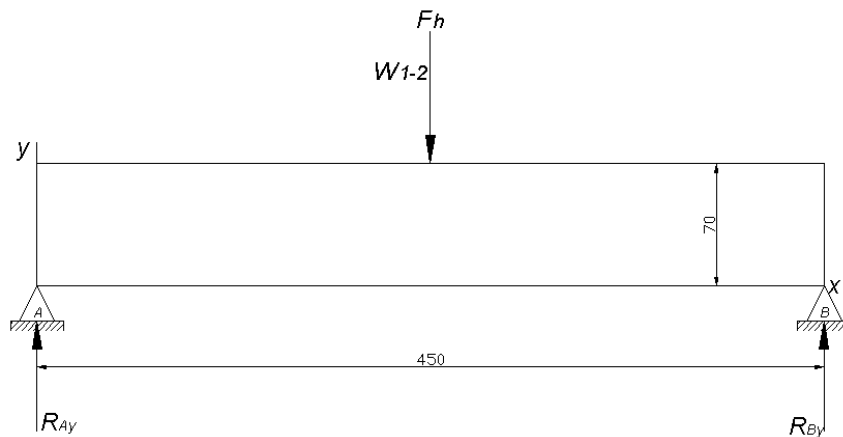


FIGURA N° 6.14. Diagrama de cuerpo libre Carro Principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Se considera la longitud mayor ya que estará sometida a mayor esfuerzo, antes que la sección transversal.

$$\text{Como se sabe peso es: } W = m \times g \rightarrow g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W_1 = m_1 \times g \therefore W_1 = 4.45 \text{ N}$$

$$W_2 = m_2 \times g \therefore W_2 = 7.78 \text{ N}$$

$$W_{1-2} = W_1 + W_2 \therefore W_{1-2} = 12.23 \text{ N}$$

$$F_h = 385.26 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - W_{1-2} - F_h = 0 \therefore R_{Ay} + R_{By} = 397.5 \text{ N} \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{By} \times 0.45 \text{ m} - 12.23 \text{ N} \times 0.225 \text{ m} - 385.26 \text{ N} \times 0.225 \text{ m} = 0$$

$$R_{By} = 198.75 \text{ N}$$

Reemplazando en (1), se tiene: $R_{Ay} = 198.75 \text{ N}$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector se tiene:

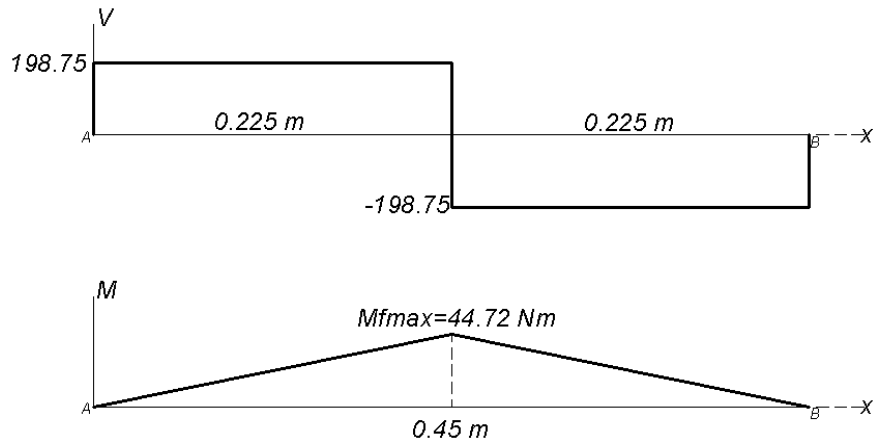


FIGURA N° 6.15. Fuerza cortante y Momento flector Carro Principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Este elemento, estará sometido a dos esfuerzos uno de tracción y uno de compresión:

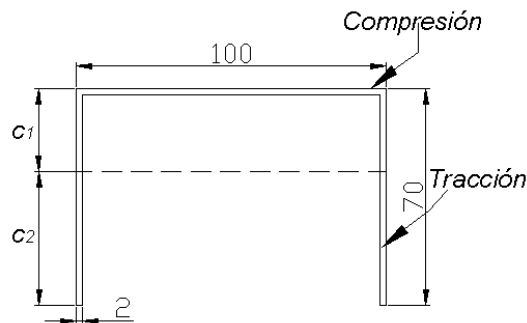


FIGURA N° 6.16. Esfuerzos que se producen en el elemento, carro principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Donde:

$$c_1 + c_2 = 70 \text{ mm} = 0.07 \text{ m} \quad (1)$$

$$c_2 = \bar{y} = \frac{\sum(A \times \bar{y})}{\sum A}$$

$$c_2 = \frac{(0.1 \times 0.002)0.069 + 2(0.002 \times 0.068)0.034}{(0.1 \times 0.002) + 2(0.002 \times 0.068)}$$

$$c_2 = 0.048 \text{ m}$$

Reemplazando en (1), se tiene:

$$c_1 = 0.07 \text{ m} - 0.048 \text{ m} \therefore c_1 = 0.022 \text{ m}$$

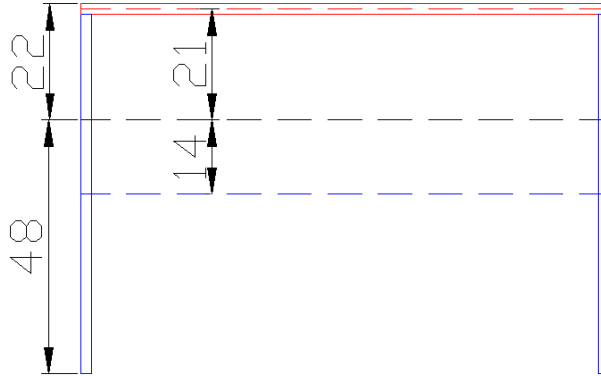


FIGURA N° 6.17. Centros de inercia, carro principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

$$I = \sum I_{cg} + \sum A \times d^2$$

$$I = \frac{(0.1 \times 0.002^3)}{12} + 2 \left[\frac{(0.002 \times 0.068^3)}{12} \right] + (0.1 \times 0.002)0.021^2$$

$$+ 2[(0.002 \times 0.068)0.014^2]$$

$$I = 1.19 \times 10^{-6} m^4$$

Aplicando la ecuación 6.3, se tiene:

Esfuerzo a Compresión:

$$\sigma_C = \frac{44.72 \text{ Nm} \times 0.022 \text{ m}}{1.19 \times 10^{-6} m^4}$$

$$\sigma_C = 0.83 \text{ MPa}$$

Esfuerzo a tracción:

$$\sigma_T = \frac{44.72 \text{ Nm} \times 0.048 \text{ m}}{1.19 \times 10^{-6} m^4}$$

$$\sigma_T = 1.80 \text{ MPa}$$

Comprobación del diseño del carro principal

Considerando que el material es Acero A 36 con $S_y = 250 \text{ MPa}$ se tiene

$S_y > \sigma_c, \sigma_T$ Elemento cumple en compresión y tracción.

Análisis de las Guías para el carro principal

Puesto que la bancada del torno no tiene guías para el fácil desplazamiento del carro principal, se instalará un guía frontal y una posterior, esta permitirá el fácil montaje y desmontaje del torno, permitiendo elegir si se trabaja con el mecanismo copiador o no.

Considerando el largo de las piezas más torneadas en la Carpintería Mayorga que es de 80 cm, las guías deberán ser en un largo de 1m. Además la guía frontal debe servir para portar la cremallera. Estos elementos deberán soportar el peso de los carros y las fuerzas de torneado. Para el diseño de estos elementos se escoge; un ángulo de 40×6mm para la guía frontal y para la posterior una varilla redonda lisa de 15 mm.

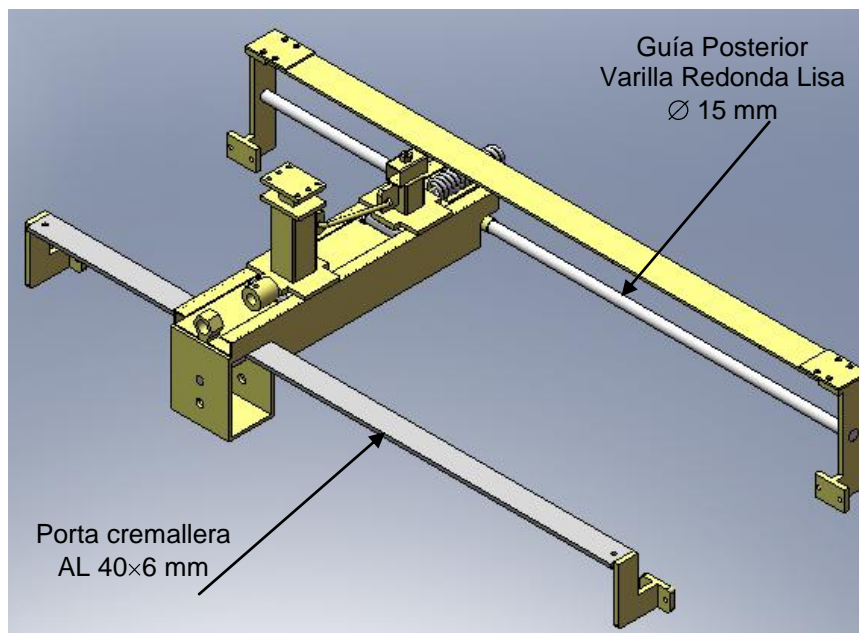


FIGURA N° 6.18. Esquema Guías del mecanismo.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Como se observa en la figura, la guía frontal (porta cremallera), soportará la mayor parte de la carga, puesto que el movimiento de corte el torno lo realiza en sentido anti horario, es decir a lado del porta cuchillas, la guía posterior soporta únicamente el peso del carro porta palpador y la mitad

del peso del carro principal, se les considera como vigas apoyadas en sus extremos, el diagrama de cuerpo libre será el mismo, en los dos elementos.

Cálculo de las reacciones producidas en las guías

$$W_1 = 4.45 \text{ N}$$

$$W_2 = 7.78 \text{ N}$$

$$W_3 = m \times g \therefore W_3 = 2.8 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2 \therefore W_3 = 27.47 \text{ N}$$

$$F_h = 385.26 \text{ N}$$

$$F_p = 192.63 \text{ N}$$

$$F_a = 96.32 \text{ N}$$

– Guía frontal

Aquí intervienen las fuerzas de corte $F_h - F_p$, el peso del carro porta cuchillas W_2 , la mitad del peso del carro principal $W_3/2$, estas actúan en el porta cremallera, tal peso lo consideramos en la mitad de la guía, ya que en este punto sufrirá mayor esfuerzo.

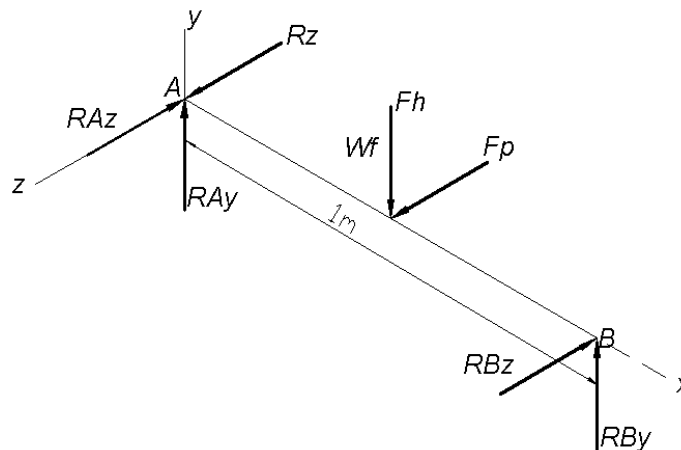


FIGURA N° 6.19. Diagrama de cuerpo libre guía frontal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Plano x-y

$$W_f = 7.78 \text{ N} + 13.74 \text{ N} = 21.51 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - W_f - F_h = 0 \therefore R_{Ay} + R_{By} = 406.77 \text{ N} \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{By} \times 1 \text{ m} - 21.51 \text{ N} \times 0.5 \text{ m} - 385.26 \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 0$$

$$R_{By} = 203.38 \text{ N}$$

Reemplazando en (1), se tiene: $R_{Ay} = 203.38 \text{ N}$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano x-y se tiene:

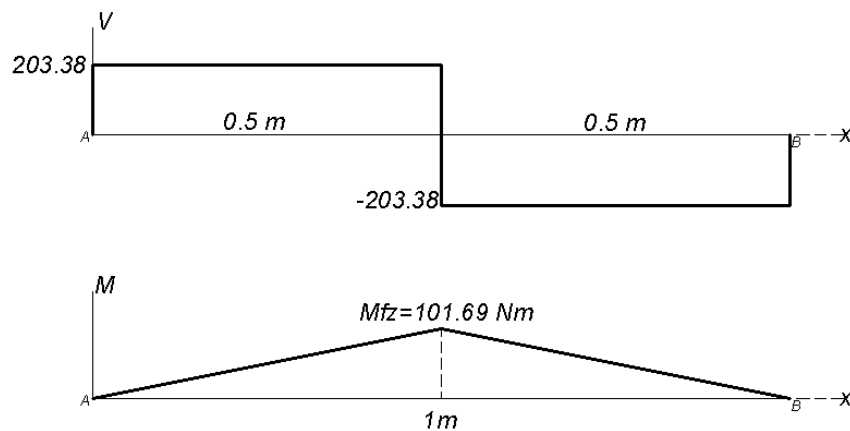


FIGURA N° 6.20. Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector AL 40×6 plano x-y.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Plano x-z

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_z = 0$$

$$-R_{Az} - R_{Bz} + F_p = 0 \therefore R_{Az} + R_{Bz} = 192.63 \text{ N} \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_{Bz} \times 1 \text{ m} + 192.63 \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 0$$

$$R_{Bz} = 96.32 \text{ N}$$

Reemplazando en (1), se tiene: $R_{Az} = 96.32 \text{ N}$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector en el plano x-z se tiene:

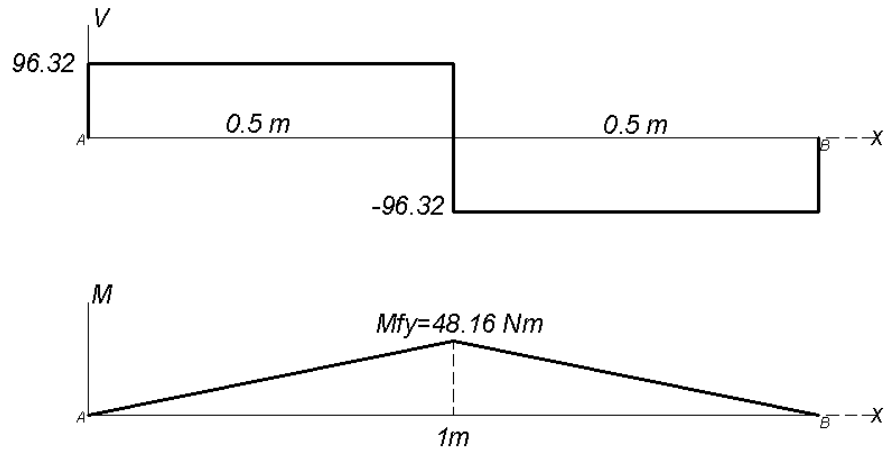


FIGURA N° 6.21. Diagrama de Fuerza Cortante y Momento Flector AL 40x6 plano x-z.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

De donde tenemos:

$$R_y = R_z = \sqrt{R_{Ay}^2 + R_{Bz}^2} \therefore R = 225.03 \text{ N}$$

$$M_{fmax} = \sqrt{M_y^2 + M_z^2} = 112.51 \text{ Nm}$$

Aplicando la ecuación 6.3, se determina el esfuerzo al que estará sometido el ángulo

$$\sigma_x = \frac{112.51 \text{ Nm} \times 0.028 \text{ m}}{6.44 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 48.92 \text{ Mpa} \rightarrow \text{esfuerzo en el ángulo}$$

$$I = 6.44 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \text{ (ver Anexo B5).}$$

Comprobación del diseño de la guía frontal

Como es conocida la resistencia del Acero ASTM A 36, el factor de seguridad se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_x} = \frac{250 \text{ MPa}}{48.92 \text{ MPa}} \therefore n = 5.1 \rightarrow \text{Elemento y material cumple}$$

– Guía posterior

Aquí las cargas que actuarán son: el peso del carro porta palpador

$$W_1 = 4.45 \text{ N}, \text{ y la mitad del peso del carro principal } W_3/2.$$

$$W_p = 4.45 \text{ N} + 13.74 \text{ N} = 18.19 \text{ N}$$

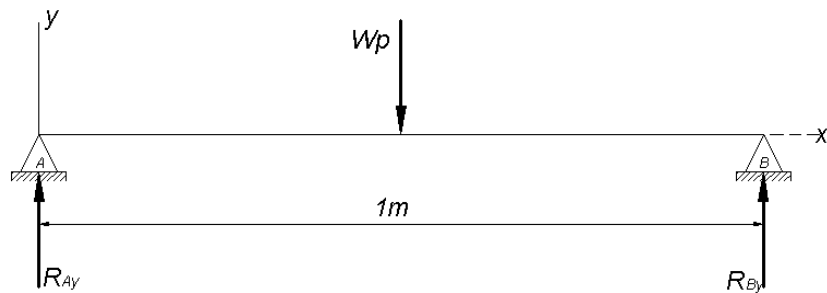


FIGURA N° 6.22. Diagrama de cuerpo libre guía posterior.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Ay} + R_{By} - W_p = 0 \therefore R_{Ay} + R_{By} = 18.19 \text{ N} \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{By} \times 1 \text{ m} + 18.19 \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 0$$

$$R_{By} = 9.1 \text{ N}$$

Reemplazando en (1), se tiene: $R_{Ay} = 9.1 \text{ N}$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector en se tiene:

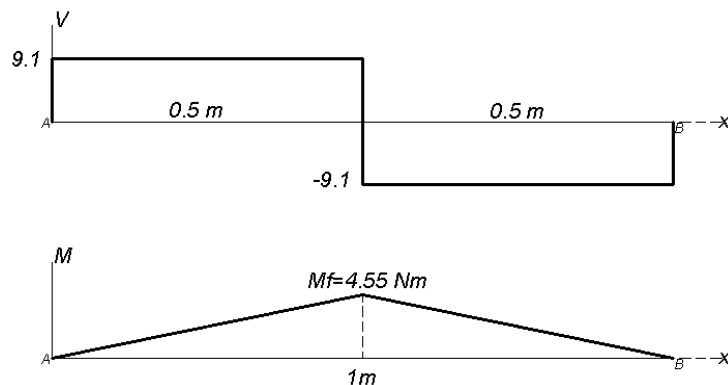


FIGURA N° 6.23. Diagrama de fuerza cortante y momento flector guía posterior.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Aplicando Ec: 6.3 se tiene:

$$\sigma_x = \frac{4.55 \text{ Nm} \times 0.0075 \text{ m}}{2.485 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 13.73 \text{ Mpa} \rightarrow \text{esfuerzo en la varilla redonda}$$

Donde:

$$I = \frac{\pi \times D^4}{64} \text{ Varilla Redonda.}$$

$$I = \frac{\pi(0.015 \text{ m})^4}{64} = 2.485 \times 10^{-9} \text{ m}^4$$

$$c = \frac{D}{2} = 7.5 \times 10^{-3} \text{ m}$$

Comprobación del diseño de la guía posterior

El material de la varilla redonda lisa es de Acero ASTM A 36 (ver Anexo B6), el factor de seguridad se tiene:

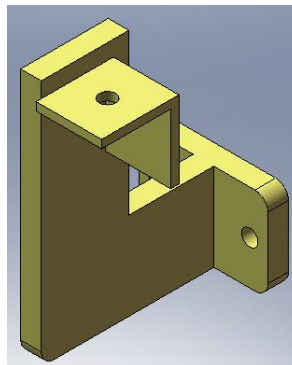
$$n = \frac{S_y}{\sigma_x} = \frac{250 \text{ MPa}}{13.73 \text{ MPa}} \therefore n = 18 \rightarrow \text{Elemento y material cumple}$$

Análisis de los soportes

Estos soportarán la carga total del mecanismo, y deberán tener la forma adecuada y la altura necesaria para sostener el carro principal por encima de la bancada (ver Anexo B7), evitando así rozamiento entre la bancada del torno y la base del carro principal. El peso total del mecanismo es de 15.40 Kg, el mismo que se reparte a los 4 soportes. Para el diseño se escoge una platina de 34×8 mm.

Soportes frontales

Sobre este elemento descansará la cremallera, la carga a soportar es de 3.85 kg, y la Fh, tomando en cuenta las dimensiones de la bancada del torno y la altura del cabezal fijo se considera la siguiente forma y dimensiones:



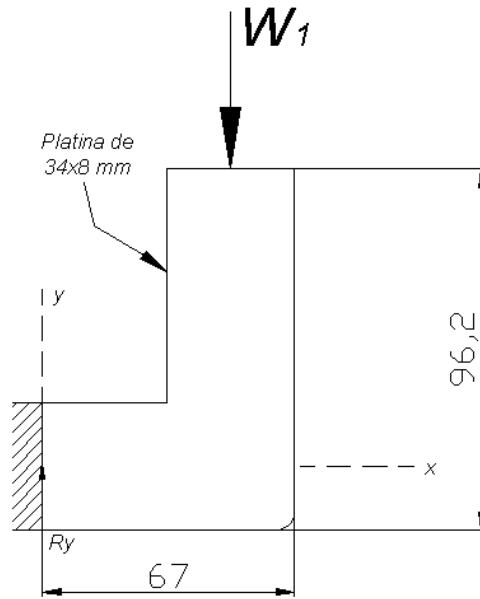


FIGURA N° 6.24. Soporte frontal izquierdo.

[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Cálculo de las reacciones producidas en el soporte frontal

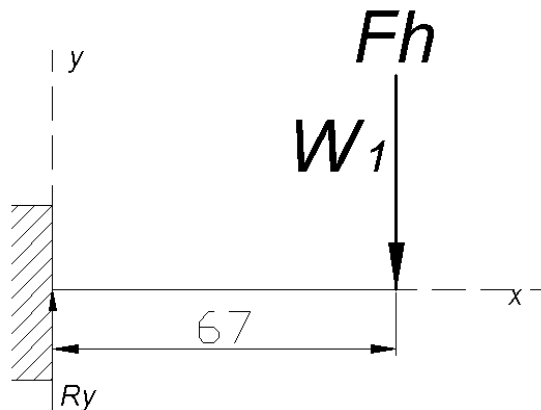


FIGURA N° 6.25. Diagrama de cuerpo libre Soporte frontal izquierdo.

[Fuente: Propia elaborada por el autor]

$$W_1 = m \times g = 37.77 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_y = W_1 + F_h \therefore R_y = 423.03 \text{ N}$$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector se tiene:

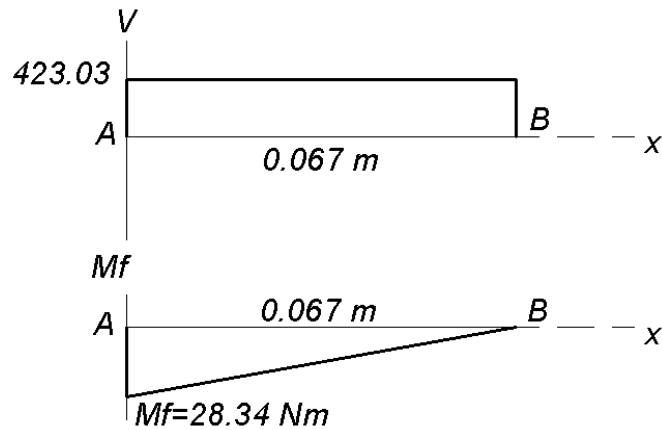


FIGURA N° 6.26. Diagrama de cuerpo libre Soporte Cremallera 1.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Aplicando la Ec: 6.3, se tiene:

$$\sigma_x = \frac{28.34 \text{ Nm} \times 0.004 \text{ m}}{1.45 \times 10^{-9} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_x = 78.18 \text{ Mpa}$$

Con $\tau = F/A$, se determina el esfuerzo a corte que se genera $F = W_1$:

$$\tau_{xy} = \frac{W_1}{A} \rightarrow \tau = \frac{423.03 \text{ N}}{(0.034 \times 0.008) \text{ m}^2}$$

$$\tau_{xy} = 1.6 \text{ MPa}$$

Comprobación del diseño del soporte frontal

Aplicando la teoría de la energía de distorsión Ec: 6.4:

$$\sigma' = \sqrt{(78.18 \text{ MPa})^2 + 3(1.6 \text{ MPa})^2}$$

$$\sigma' = 78.23 \text{ Mpa}$$

Conociendo el material de la platina, es Acero ASTM A 36, $S_y = 250 \text{ Mpa}$ el factor de seguridad se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma'} = \frac{250 \text{ MPa}}{78.23 \text{ MPa}} \therefore n = 3.1 \rightarrow \text{Elemento y material cumple}$$

Como los soportes van a estar sometidos a la misma carga, elaborados en el mismo material, tienen formas similares, se concluye que el diseño es apropiado para los cuatro elementos.

Análisis del eje para ruedas del carro porta cuchillas y palpador:

Los carros porta cuchillas y porta palpador se deslizarán sobre guías, y además para su fácil desplazamiento se montarán en ejes con ruedas (Fig. 6.27). El ancho disponible en la bancada es de 96 mm, para evitar el rozamiento con las caras el largo del eje será de 93 mm, la altura disponible en la guía es de 18 mm.

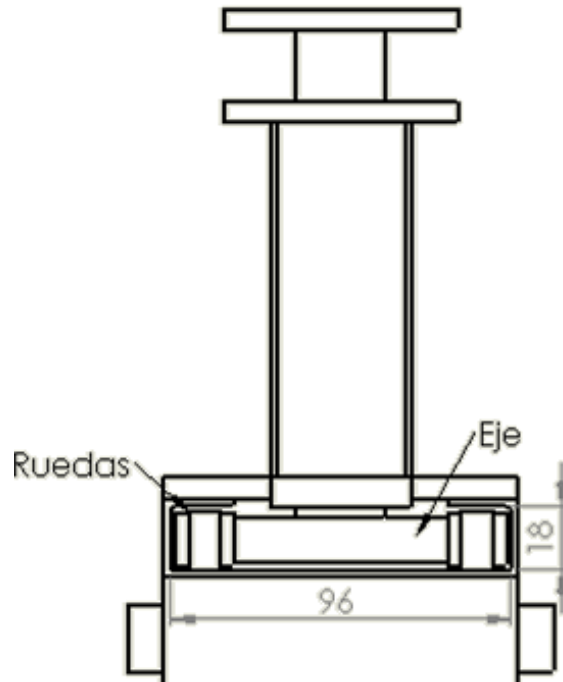


FIGURA Nº 6.27. Esquema ruedas y eje.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Considerando que el eje no va soportar cargas, ya que estas descansan sobre la guía prevista por el carro principal, se escoge el acero de transmisión SAE 1018, y se mecanizará con las siguientes medidas.

Cálculo de las reacciones producidas en el eje de los carros

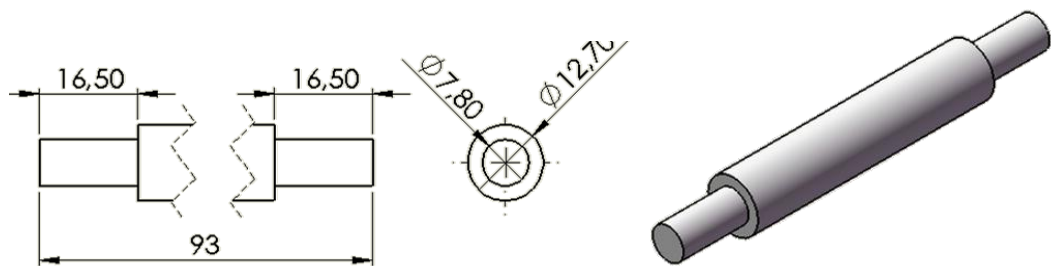


FIGURA Nº 6.28. Eje carros porta cuchilla y palpador.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Análisis de las ruedas para los carros porta herramienta y palpador

Las ruedas a utilizarse para facilitar el desplazamiento de los carros porta cuchilla y palpador, serán en Nylon Poliamida, más conocido como Duralón¹⁶, por presentar excelentes características mecánicas, de las cuales se anotan las que se utilizó para su selección:

- Bajo peso específico: $1,14 \text{ g/cm}^3$
- Tratado térmicamente, material libre de tensiones.
- Bajo ruido.
- Buena resistencia al desgaste.
- Auto lubricante.

Se encuentra en el mercado en diámetros desde 16 mm, al mismo que se lo maquina tomando en cuenta el espacio disponible (18 mm) en las guías para tenerlo con las siguientes dimensiones:

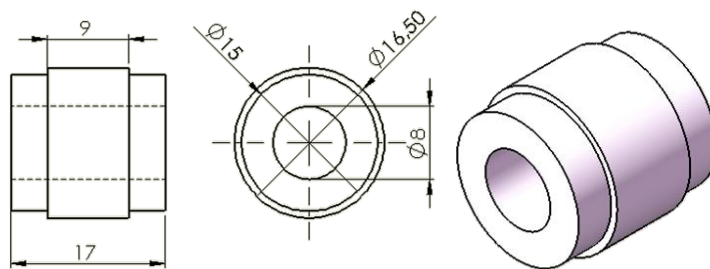


FIGURA N° 6.29. Ruedas en DURALÓN.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Análisis de elemento que soportará la plantilla o patrón

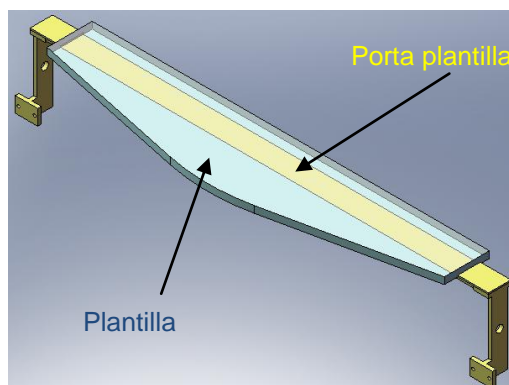


FIGURA N° 6.30. Porta Plantilla.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

¹⁶<http://riobamba.olx.com.ec/nylon-poliamida-llamado-duralon-grillon-plasticos-de-ingenieria-somos-importadores-iid-87895020>

Como se observa en la figura 6.30, en el elemento descansará la plantilla para copiar o reproducir su perfil. La carga principal que actúan en el elemento es el peso de la plantilla q_p , de igual manera que los otros elementos tiene una longitud de 1m, se la considera como una viga con carga distribuida apoyada en los extremos:

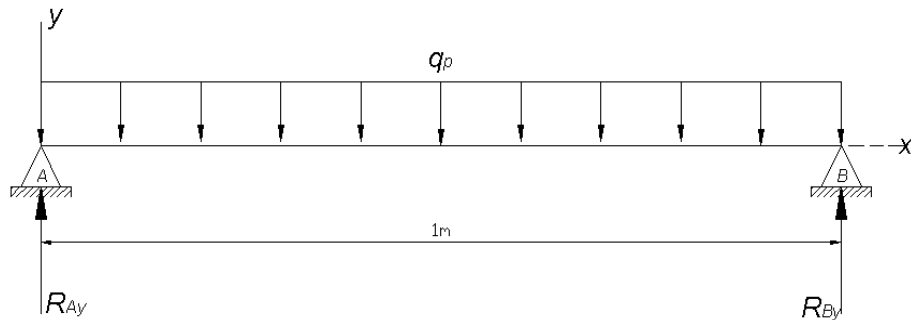


FIGURA N° 6.31. Diagrama de cuerpo libre Porta Plantilla.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Cálculo de las reacciones en el porta plantilla

La carga q_p , se considera como 2lb, tomando en cuenta el peso de la pieza de madera torneada:

$$q_p = 2 \text{ lb} = 0.091 \text{ kg}, \text{ como influye la gravedad } q_p = 8.93 \text{ N}$$

La misma que se encuentra distribuida en todo el elemento.

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

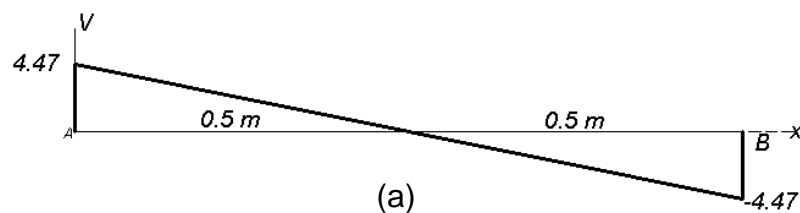
$$R_{Ay} - q_p + R_{By} \therefore R_{Ay} + R_{By} = 8.93 \text{ N}, \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{By} \times 1 \text{ m} - 8.93 \text{ N} \times 0.5 \text{ m} = 0 \therefore R_{By} = 4.47 \text{ N}$$

Reemplazando en (1), se tiene: $R_{Ay} = 4.47 \text{ N}$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector se tiene:



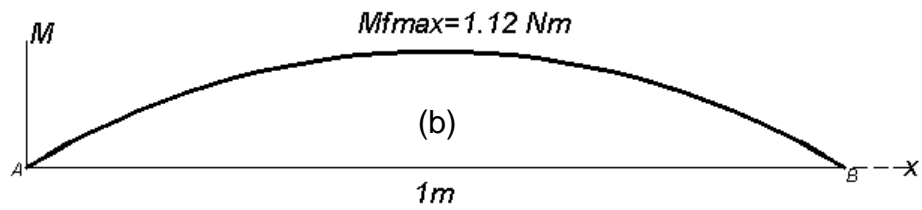


FIGURA N° 6.32. Diagrama de Fuerza cortante (a), momento flector (b).
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

El elemento debe ofrecer buena resistencia a tracción como a compresión, por consiguiente se considera un elemento de forma T, para el diseño se considera las siguientes dimensiones:

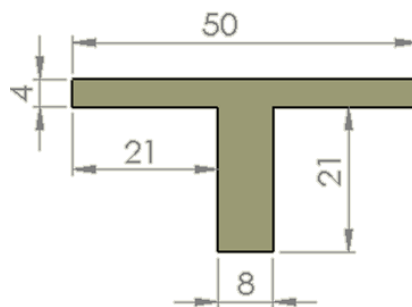


FIGURA N° 6.33. Dimensiones de elemento para porta plantilla.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Este elemento, estará sometido a dos esfuerzos uno de tracción y uno de compresión:

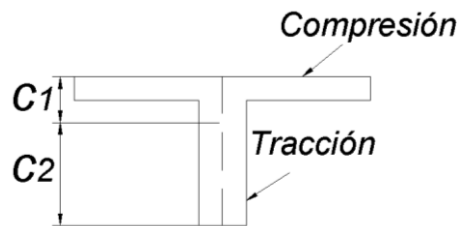


FIGURA N° 6.34. Esfuerzos que actúan en el elemento.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Donde:

$$c_1 + c_2 = 25 \text{ mm} = 0.025 \text{ m} \quad (1)$$

$$c_2 = \bar{y} = \frac{\sum(A \times \bar{y})}{\sum A}$$

$$c_2 = \frac{(50 \times 4)23 + (8 \times 21)10.5}{(50 \times 4) + (8 \times 21)} \therefore c_2 = 17.293 \text{ mm} = 0.0173 \text{ m}$$

Reemplazando en (1), se tiene:

$$c_1 = 0.025 \text{ m} - 0.0173 \text{ m} \therefore c_1 = 7.707 \times 10^{-3} \text{ m}$$

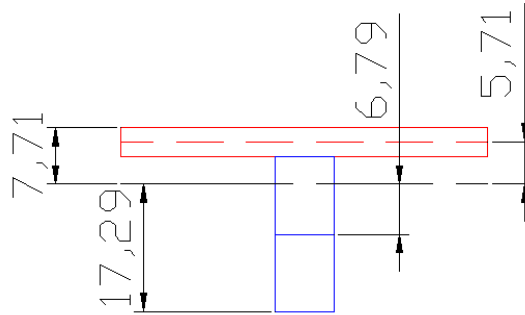


FIGURA N° 6.35. Centros de inercia porta plantilla.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

$$I = \sum I_{cg} + \sum A \times d^2$$

$$I = \frac{(50 \times 4^3)}{12} + \frac{(8 \times 21^3)}{12} + (50 \times 4)5.707^2 + (8 \times 21)6.793^2$$

$$I = 20706.97 \text{ mm}^4 = 2.07 \times 10^{-8} \text{ m}^4$$

Aplicando la Ec: 6.1, tenemos:

Esfuerzo a compresión:

$$\sigma_C = \frac{1.12 \text{ Nm} \times 7.707 \times 10^{-3} \text{ m}}{2.07 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_C = 0.42 \text{ Mpa}$$

Esfuerzo a tracción:

$$\sigma_T = \frac{1.12 \text{ Nm} \times 0.0173 \text{ m}}{2.07 \times 10^{-8} \text{ m}^4}$$

$$\sigma_T = 0.94 \text{ MPa}$$

El esfuerzo cortante se determina mediante la ecuación 6.6¹⁷:

$$\tau = \frac{VQ}{Ib}$$

Ec: 6.6

Donde:

V = fuerza cortante

Q = primer momento estático

I = momento de inercia

b = ancho de la sección

¹⁷ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

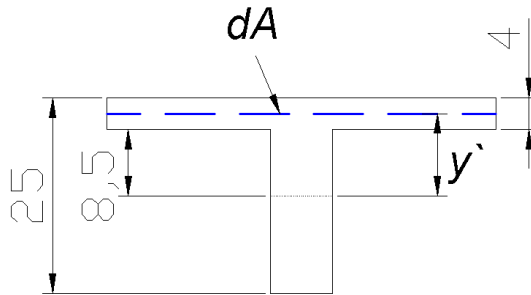


FIGURA N° 6.36. Primer momento estático porta plantilla.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

De la figura 6.36 se tiene:

$$Q = \bar{y}' A' = \left(0.0085 \text{ m} + \frac{0.004 \text{ m}}{2} \right) 0.05 \text{ m} \times 0.004 \text{ m}$$

$$Q = 2.1 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

Aplicando la Ec: 6.6 se tiene:

$$\tau = \frac{4.47 \text{ N} \times 2.1 \times 10^{-6} \text{ m}^3}{2.07 \times 10^{-8} \text{ m}^4 \times 0.004 \text{ m}}$$

$$\tau = 0.11 \text{ Mpa}$$

Comprobación del diseño del porta plantilla

Aplicando la teoría de la energía de distorsión Ec: 6.4, y considerando el esfuerzo mayor $\sigma_T = 0.94 \text{ Mpa}$ se tiene:

$$\sigma' = \sqrt{(0.94 \text{ Mpa})^2 + 3(0.11 \text{ Mpa})^2}$$

$$\sigma' = 0.96 \text{ Mpa}$$

Conociendo el material, Acero ASTM A 36 $S_y = 250 \text{ Mpa}$, $\sigma' < S_y$ elemento cumple.

Análisis del mecanismo que moverá al carro principal

El movimiento del carro principal lo realizará el piñón y la cremallera, considerando que el avance de la herramienta debe ser grande, se asume que la distancia que se moverá el carro principal es de 12 mm, cuando el piñón haya girado un cierto ángulo. Para el diseño se toma en cuenta estas consideraciones, las mismas que servirán para calcular el radio de

paso del piñón considerando un determinado ángulo de giro, y la calculamos a partir de la ecuación 6.7¹⁸:

$$r = \frac{57.926 \times l}{\alpha} \quad \text{Ec: 6.7}$$

Donde:

r = Radio de paso del piñón. [mm]

l = Longitud de arco → 12 mm. Asumido

α = Ángulo [grados^o]

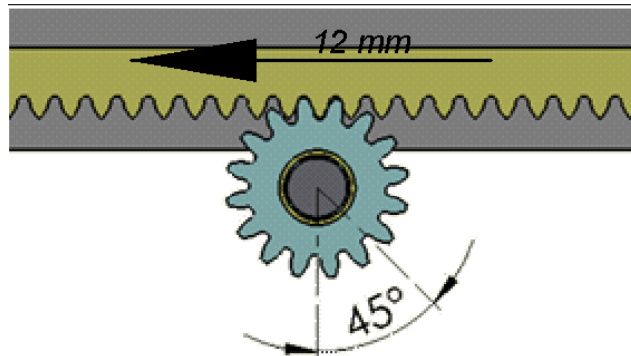


FIGURA N° 6.37. Análisis de desplazamiento.
[Fuente: Propia elaborada por el autor]

Asumiendo un ángulo de giro de 45° grados en el piñón, es un movimiento considerablemente adecuado para que el operador no se vea tan forzado (Fig. 6.37), a un gran desplazamiento giratorio.

Reemplazando en Ec: 6.7 se tiene:

$$r = \frac{57.926 \times 12 \text{ mm}}{45}$$

$r = 15.44 \text{ mm}$ → Radio de paso del piñón

Para obtener el diámetro de paso del piñón al resultado anterior lo multiplicamos por 2, y obtenemos 30.88 mm, que en pulgadas equivale a aproximadamente 1¼ plg.

Con $d = 1 \frac{1}{4} \text{ plg}$ (diámetro de paso), y tomando en cuenta la nomenclatura de engranes rectos¹⁹, dimensionamos al piñón:

¹⁸García, D, Rafael. Manual de Fórmulas de Ingeniería.

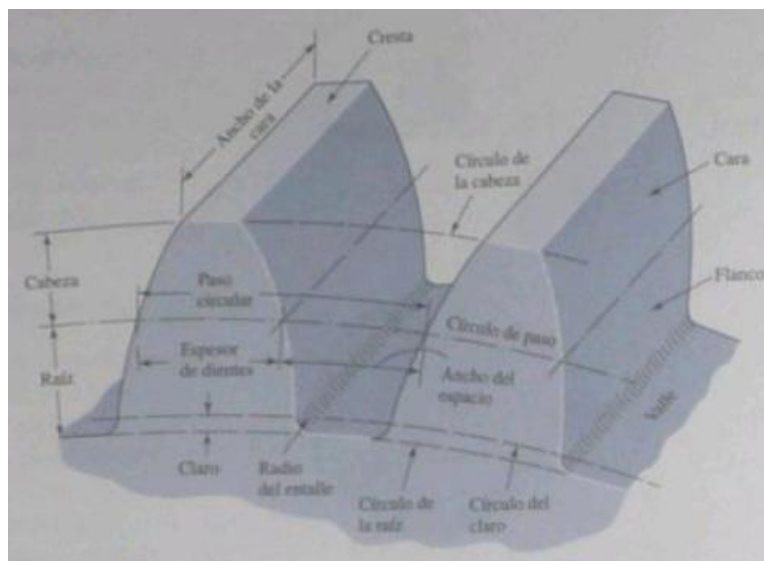


FIGURA N° 6.38. Nomenclatura de los dientes de engranes rectos.
[Fuente: Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.]

Dimensionamiento del piñón

Asumiendo un número de dientes de $N=16$, y un ángulo de presión $\varphi = 20^\circ$ tenemos:

$$\text{Paso diametral [pulg]: } P = \frac{N}{d} = \frac{16}{1\frac{1}{4}} = 12.8 \therefore P \cong 12$$

$$\text{Paso circunferencial: } p = \frac{\pi}{P} = \frac{\pi}{12} \therefore p = 0.262 \text{ pulg}$$

$$\text{Addendo: } a = \frac{1}{P} = \frac{1}{12} \therefore a = 0.083 \text{ pulg}$$

$$\text{Deddendo: } b = \frac{1.25}{P} = \frac{1.25}{12} \therefore b = 0.104 \text{ pulg}$$

$$\text{Espesor del diente: } t = \frac{p}{2} = \frac{0.262}{2} \therefore t = 0.131 \text{ pulg}$$

$$\text{Módulo: } m = \frac{d}{N} = \frac{31.75}{16} \therefore m = 1.98 \cong 2 \text{ mm}$$

$$\text{Re-calculando el número de dientes } N = \frac{d}{m} = \frac{31.75}{2} \therefore N = 15.87 \cong 16 \text{ dts}$$

$$\text{Diámetro exterior } d_e = d + 2m = 31.75 + (2 \times 2) \therefore d_e \cong 36 \text{ mm}$$

$$\text{Claro del diente } c = b - a = 0.104 - 0.083 \therefore c \cong 0.021 \text{ pulg}$$

Dimensionamiento de la cremallera

La cremallera se la puede considerar como un engrane recto con un diámetro de paso infinitamente grande. Por tal razón la cremallera tiene

¹⁹ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

un número infinito de dientes y un círculo base localizado a una distancia infinita, desde el punto de paso²⁰. El paso base se la relaciona con el paso circular o circunferencial mediante la ecuación:

$$p_b = p_c \cos \varphi \quad \text{Ec: 6.8}$$

$$p_b = 0.262 \cos 20 \therefore p_b = 0.246$$

Como la cremallera va a servir como base para el desplazamiento del piñón y por medio de este el carro principal, la cremallera tendrá el mismo paso diametral, con esta consideración se calcula los parámetros faltantes como:

Datos:

Longitud de la cremallera = 90 cm, considerando el largo del mecanismo.

Paso diametral [pulg]: $P = 12$

Paso circunferencial: $p = 0.262 \text{ pulg}$

Addendo: $a = 0.083 \text{ pulg}$

Deddendo: $b = 0.104 \text{ pulg}$

Espesor del diente: $t = 0.131 \text{ pulg}$

Módulo: $m = 2 \text{ mm}$

$$\text{Profundidad del diente: } h_N = \frac{2.25}{P} = \frac{2.25}{12} \therefore h_N = 0.1875 \text{ pulg}$$

$$\text{Espesor del diente: } t = \frac{1.5708}{P} = \frac{1.5708}{12} \therefore t = 0.1309 \text{ pulg}$$

$$\text{Paso del diente: } p = \frac{24.5 \times \pi}{P} \therefore p = 6.65 \text{ mm}$$

$$\text{Número de dientes de la cremallera: } N_C = \frac{L}{p} = \frac{900}{6.65}$$

$$N_C = 135.34 \rightarrow \text{Cremallera de 135 dts}$$

El mecanismo para mover el carro principal constará de los siguientes elementos:

| Nº: | Elemento: | Paso diametral: | N de dientes: | Cantidad: |
|-----|------------|-----------------|---------------|-----------|
| 1 | Cremallera | 12 | 135 | 1 |
| 2 | Piñón | 12 | 16 | 2 |

²⁰Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

Los elementos estarán dispuestos de la siguiente manera:

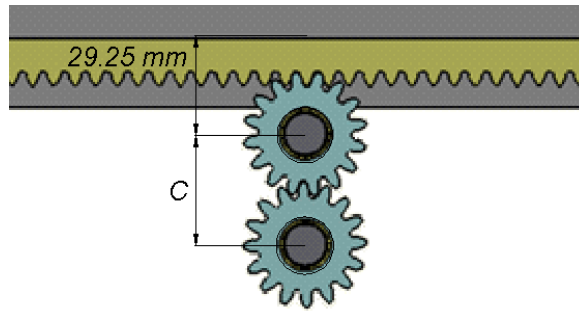


FIGURA N° 6.39. Disposición de piñones y cremallera.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Donde:

$$C = \frac{N_1 + N_2}{2P} = \frac{16 + 16}{2 \times 12} \therefore C = 1.33 \text{ pulg} \rightarrow 33.87 \text{ mm}$$

Análisis de Fuerzas en el diente del piñón

Mediante este determinaremos las cargas y esfuerzos, a los que estará sometido el elemento, verificando así su resistencia y confiabilidad, garantizando a la vez un buen elemento de un excelente material.

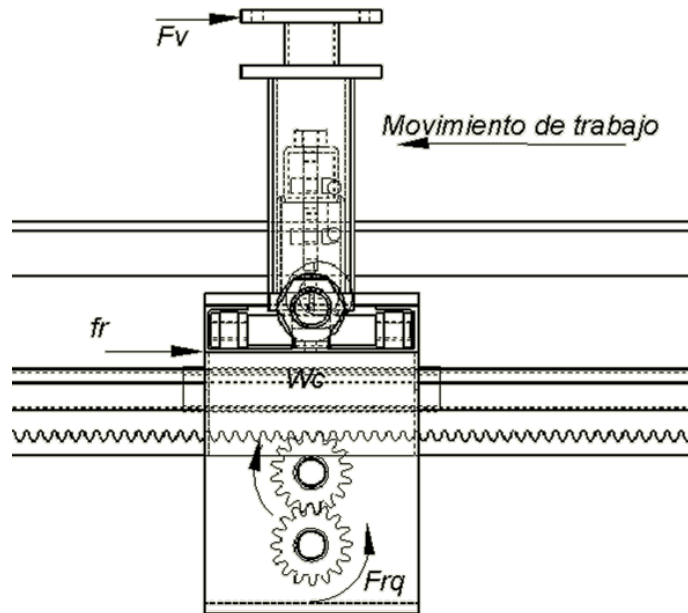


FIGURA N° 6.40. Cargas del movimiento del carro principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Primero encontramos la fuerza requerida para mover el carro principal, tomando en cuenta las diferentes cargas que son: las fuerzas que se oponen al movimiento F_v, f_r , y el peso del carro principal con sus partes W_c .

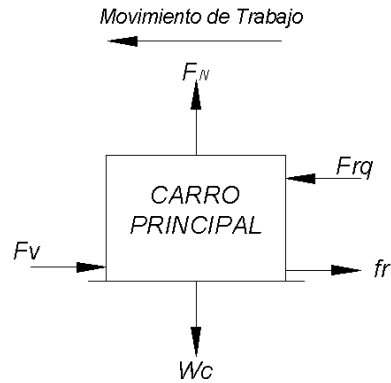


FIGURA N° 6.41. Diagrama de cuerpo libre del carro principal.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

De la figura 6.41 se tiene:

$F_V = 96.32 \text{ N} \rightarrow$ Fuerza que se resiste al avance del corte

$f_r =$ fuerza de rozamiento

$W_C = W_1 + W_2 + W_3 = 39.7 \text{ N} \rightarrow$ peso del carro principal con elementos

$F_{rq} =$ Fuerza requerida

$$\sum F_x = 0$$

$$F_V + f_r - F_{rq} = 0$$

$$F_{rq} = F_V + (\mu_s \times F_N)$$

$$F_{rq} = 96.32 \text{ N} + (\mu_s \times F_N) \quad (1)$$

$$\sum F_y = 0$$

$$F_N - W_C = 0 \therefore F_N = 39.7 \text{ N}$$

Reemplazando valores en 1 se tiene:

$$F_{rq} = 96.32 \text{ N} + (0.74 \times 39.7 \text{ N})$$

$$F_{rq} = 125.7 \text{ N}$$

$\mu_s = 0.74$ Coeficiente de fricción estática (ver Anexo B7).

Esta fuerza es debido a la fricción acero entre acero, pero para garantizar el desplazamiento del cabezal móvil, venciendo la fricción, debemos sumar el peso a esta fuerza:

$$F_{rqt} = F_{rq} + W_C \therefore F_{rqt} = 165.4 N = 37.2 \text{ lbf}$$

Esta fuerza es la requerida y se va transmitir a los dientes.

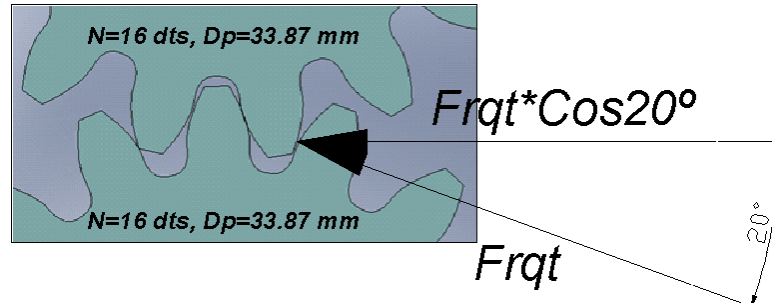


FIGURA N° 6.42. Fuerza en los dientes.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

$$\text{Carga transmitida } W_t = F_{rqt} \cos 20 = 34.95 \text{ lbf}$$

$$W_t = 34.95 \text{ lbf}$$

$$\text{Potencia generada}^{21} \text{ por } W_t: Pot = \frac{W_t \times V}{33 \times 10^3} [Hp] \quad \text{Ec: 6.9}$$

$$\text{Velocidad en la línea de paso}^{21}: V = \frac{\pi \times d \times n}{12} \left[\frac{\text{pies}}{\text{min}} \right] \quad \text{Ec: 6.10}$$

$$\text{Factor de efectos dinámicos}^{21}: K_V = \frac{1200 + V}{1200} \quad \text{Ec: 6.11}$$

K_V perfil fresado o cortado

Como sólo se considera esfuerzo a flexión el factor de forma modificado se tiene: $y = 0.296$ (ver Anexo B8) para $N=16$ dts.

Por cada vuelta (1 rev) del piñón el carro principal se desplaza avanzando tantos dientes como tenga el piñón, entonces se desplaza una distancia:

$$x = \frac{N}{n_{cr}} \quad \text{Ec: 6.12}$$

Donde:

x = desplazamiento del carro principal

N = número de dts del piñón

n_{cr} = número de dts de la cremallera en 1 cm. (Fig. 6.43)

²¹ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

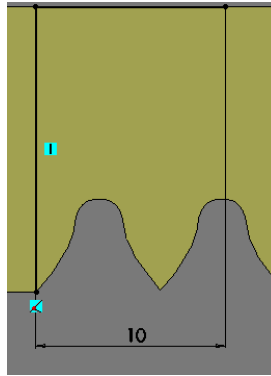


FIGURA N° 6.43. Número de dientes en 1 cm de la cremallera.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Aplicando la Ec: 6.12 se tiene:

$$x = \frac{16 \, dts}{1.5 \, dts} = 10.6 \, cm$$

La longitud total a recorrer es de 1 metro, la misma que se la recorre con:

$$10.6 \, cm \rightarrow 1 \, rev$$

$$100 \, cm \rightarrow x \quad \therefore x = 9.44 \, rev$$

El carro principal recorre los 100 cm, en aproximadamente 10 revoluciones del piñón, considerando esto se asume una velocidad angular del piñón de 10 rpm

Reemplazando valores en Ec: 6.9, 6.10, 6.11 se tiene:

$$V = \frac{\pi \times d \times n}{12} = \frac{\pi \times 1.25 \times 10}{12} \therefore V = 3.27 \, pies/min$$

$$Pot = \frac{W_t \times V}{33 \times 10^3} = \frac{34.95 \times 3.27}{33 \times 10^3} \therefore Pot = 3.46 \times 10^{-3} \, Hp$$

$$K_V = \frac{1200 + 3.27}{1200} \therefore K_V = 1$$

El esfuerzo principal al que esta sometido el diente es a la carga estática y se lo calcula mediante la ecuación²²:

$$\sigma = \frac{K_V \times W_t \times Pot}{b \times y} \, [kpsi] \quad \text{Ec: 6.13}$$

²² Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

Aplicando la Ec 6.13 se tiene:

$$\sigma = \frac{1 \times 34.95 \times 3.46 \times 10^{-3}}{0.8 \times 0.296} = 0.51 \text{ kpsi}$$

Donde:

$$3p \leq b \leq 5p \rightarrow 0.786 \leq b \leq 1.31 \text{ se escoge } b = 0.8 \text{ pulg}$$

Comparamos el esfuerzo que soporta el diente $\sigma = 510 \text{ psi}$ con el esfuerzo de flexión permisible del Hierro fundido $S_f = 5000 \text{ psi}$ y se selecciona este material (ver Anexo B9).

Diseño del eje para el piñón

El eje soportará la siguiente carga y tiene una medida de 77 mm:

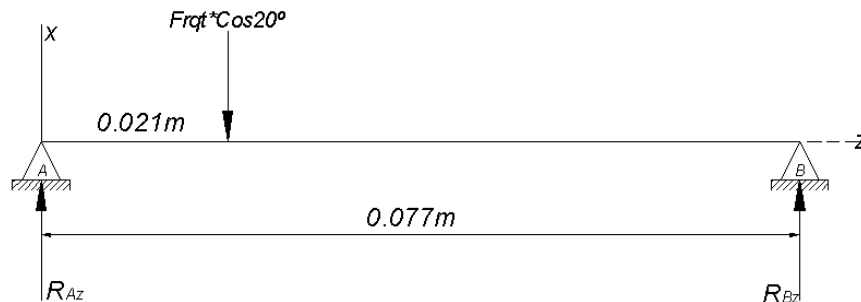


FIGURA N° 6.44. Diagrama de cuerpo libre de la carga que actúa sobre el eje.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Cálculo de las reacciones producidas en el eje

$$\sum F_x = 0$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{Az} + R_{Bz} - 155.42 \text{ N} = 0 \therefore R_{Az} + R_{Bz} = 155.42 \text{ N} \quad (1)$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_{Bz} \times 0.077 \text{ m} - 155.42 \text{ N} \times 0.021 \text{ m} = 0 \therefore R_{Bz} = 42.39 \text{ N}$$

Reemplazando valores en 1 se tiene:

$$R_{Az} = 113.03 \text{ N}$$

Luego el diagrama de fuerza cortante y momento flector se tiene:

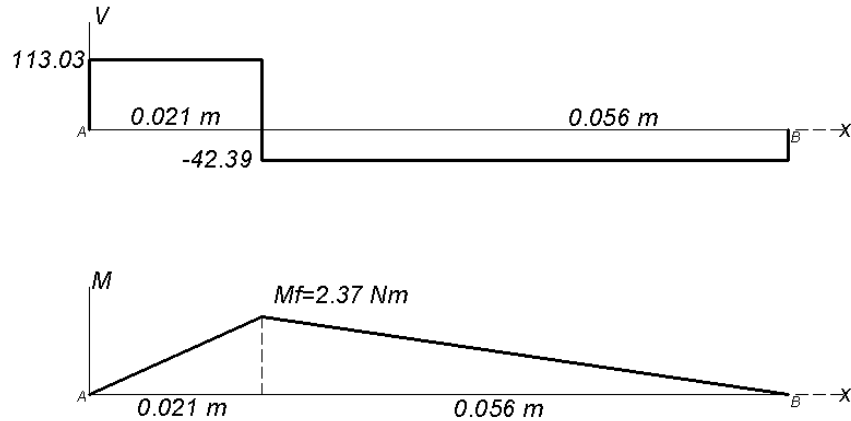


FIGURA N° 6.45. Diagrama de fuerza cortante y momento flector del eje.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Aplicando la Ec: 6.3, se tiene:

$$\sigma_x = \frac{2.37 \text{ Nm} \times c}{I}$$

Donde $c = d/2$, $I = \pi \times d^4/64$ sección circular (ver Anexo B10)

Se asume un diámetro del eje de $\frac{1}{2}$ plg.=12.7 mm y se tiene:

$$\sigma_x = \frac{2.37 \text{ Nm} \times 6.35 \times 10^{-3} \text{ m}}{1.27 \times 10^{-9}} = 11.85 \text{ MPa}$$

Considerando el material acero de transmisión SAE 1018 (ver Anexo B11)

con $S_y = 220 \text{ MPa}$ se tiene:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_x}$$

$$n = \frac{220 \text{ MPa}}{11.85 \text{ MPa}} = 18 \rightarrow \text{Diámetro elegido OK.}$$

Análisis del tornillo transversal

Este permitirá en el mecanismo controlar la profundidad de corte cuando no se este trabajando con el copiator, la carga que actúa sobre este es la $F_p = 192.63 \text{ N}$, considerando el ancho de la bancada y el centro transversalmente del cabezal móvil este deberá tener una longitud de 195 mm, profundidad de corte total en palos de madera de 60 mm= 12.43 mm.

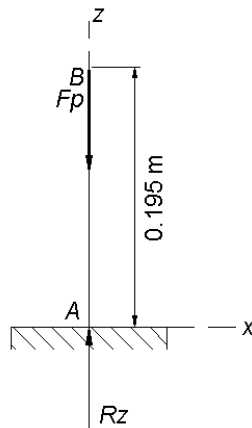


FIGURA N° 6.46. Fuerza que actúa sobre el eje.
[Fuente: Propia elaborada por el autor.]

Como se aprecia en la figura el elemento estará sometido a pandeo, por consiguiente para el diseño se la considera como una columna con empotramiento libre, y de material acero AISI 1018 con $S_y = 220 \text{ MPa}$ (ver Anexo B11).

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \sqrt{\frac{2\pi^2 CE}{S_y}} \quad \text{Ec: 6.14}$$

L= longitud de la columna

K= radio de giro

C= constante condiciones en los extremos $C = 1/4$, (ver Anexo B)

E= módulo de elasticidad

$$\left(\frac{L}{K}\right)_1 = \sqrt{\frac{2\pi^2 \times 1/4 \times 207 \times 10^9}{220 \times 10^6}} = 68.14$$

Para determinar $\left(\frac{L}{K}\right)$ se procede:

$$K = \frac{d}{4} \quad \text{Ec: 6.15}$$

d= diámetro del eje, considerando la profundidad total de corte se asume que por cada vuelta del tornillo el carro porta herramienta se desplazará 2.5 mm, para así no forzar al filo de la cuchilla. Para este paso en mm se tiene 10 hilos/pulg (ver Anexo B13), de donde se tiene:

$$d = \frac{3}{4} \text{ pulg} = 19.05 \text{ mm}$$

$$p = 2.540 \text{ mm}$$

Aplicando la Ec: 6.15 se tiene:

$$k = 4.76 \text{ mm} = 0.0047 \text{ m}$$

$$\left(\frac{L}{K}\right) = \frac{0.195}{0.0047} = 41.48$$

Luego:

$$\left(\frac{L}{K}\right) \leq \left(\frac{L}{K}\right)_1 \rightarrow \text{utilizamos Ec. de Johnson}$$

$$\frac{P_{cri}}{A} = \left(S_y - \frac{S_y^2}{4\pi^2 CE} * \left(\frac{L}{K}\right)^2 \right) \quad \text{Ec: 6.16}$$

El área del elemento es $2.85 \times 10^{-4} \text{ m}^2$

Aplicando la Ec: 6.24 se obtiene la carga crítica que soporta el eje:

$$P_{cri} = 51.08 \text{ KN}$$

Entonces $P_{cri} > P \rightarrow$ elemento cumple

Análisis de resorte para el copiador

Considerando la fuerza de penetración F_p de la figura 6.3, con esta fuerza se elige un resorte, con el cual garanticemos el buen recorrido sobre el perfil de la pieza a torrear. Esta fuerza generará un desplazamiento lineal en el resorte, la constante del resorte²³ se define como:

$$k = F/y \quad \text{Ec: 6.17}$$

Donde:

k = Constante del resorte

F = Fuerza aplicada

y = Desplazamiento

Se asume un desplazamiento de 20 mm, y determinamos un resorte que tenga una constante:

$$k = \frac{192.63 \text{ N}}{0.02 \text{ m}} \therefore k = 9631.5 \text{ N/m} = 9.63 \text{ N/mm}$$

²³ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

Tomando en cuenta el catálogo de resortes (ver Anexo B14), con la Fuerza aplicada seleccionamos un resorte helicoidal de extensión (tracción) de dicho catálogo, y tenemos el resorte T32450, cuyas características son:

$$D_o = 15 \text{ mm}$$

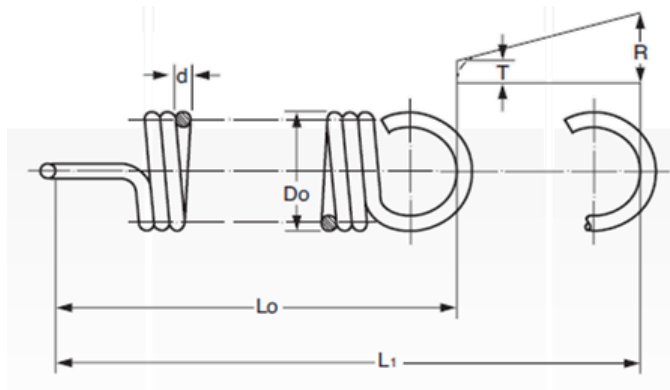
$$d = 2.20 \text{ mm}$$

$$L_o = 41.20 \text{ mm}$$

$$L_1 = 56 \text{ mm}$$

$$T = 29.63 \text{ N}$$

$$R = 11.40 \text{ N/mm}$$



Donde:

D_o = diámetro exterior

d = diámetro del alambre

L_o = longitud libre

L_1 = longitud máxima extendida

T = tensión inicial

R = coeficiente de tracción

Con los datos obtenidos determinamos las características físicas²⁴ del resorte seleccionado:

$$D = D_o - d \therefore D = 12.8 \text{ mm} \text{ diámetro interior}$$

$$C = \frac{D}{d} \therefore C = 5.8 \text{ curvatura}$$

$$K_B = \frac{4C+2}{4C-3} \therefore K_B = 1.25 \text{ factor de concentración de esfuerzo de la curvatura}$$

$$N_a = N_b + \frac{G}{E} \quad \text{Ec: 6.18}$$

$$\therefore N_a = 22.2 \text{ \# vueltas helicoidales activas}$$

$$k = \frac{Gd^4}{8D^3N_a} \quad \text{Ec: 6.19}$$

$$\therefore k = 27.83 \text{ lbf/plg} \text{ razón del resorte o constante}$$

²⁴ Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. 8^{va}. Edición.

$$L_o = (2C - 1 + N_b)d \quad \text{Ec: 6.20}$$

$$\therefore L_o = 2.78 \text{ plg}$$

La deflexión bajo la carga de servicio es:

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{F_{m\acute{a}x} - F_i}{k} \quad \text{Ec: 6.21}$$

$$y_{m\acute{a}x} = \frac{44.45 - 6.67}{27.83} \therefore y_{m\acute{a}x} = 1.36 \text{ plg}$$

Luego la longitud del resorte se convierte en:

$$L = L_o + y \therefore L \cong 4.14 \text{ plg}$$

Análisis de resistencia

El esfuerzo inicial sin corregir esta dado por la ecuación:

$$(\tau_i)_{nocorr} = \frac{8F_i D}{\pi d^3} \quad \text{Ec: 6.22}$$

$$(\tau_i)_{nocorr} = \frac{8 \times 6.67 \text{ lb} \times 0.503 \text{ plg}}{\pi \times (0.086 \text{ plg})^3} = 13.43 \text{ Kpsi}$$

El rango preferido se calcula a partir de la ecuación:

$$(\tau_i)_{pref} = \frac{33500}{\exp(0.105C)} \pm 1000 \left(4 - \frac{C - 3}{6.5} \right) \quad \text{Ec: 6.23}$$

$$(\tau_i)_{pref} = \frac{33500}{\exp(0.105 \times 5.8)} \pm 1000 \left(4 - \frac{5.8 - 3}{6.5} \right)$$

$$(\tau_i)_{pref} = \frac{33500}{\exp(0.105 \times 5.8)} \pm 1000 \left(4 - \frac{5.8 - 3}{6.5} \right)$$

$$(\tau_i)_{pref} = 18.22 \pm 3.57 = 21.79, 14.65 \text{ Kpsi}$$

Así la tensión inicial de 13.43Kpsi se encuentra dentro del rango preferido.

Conociendo el material del alambre del resorte que es alambre de piano, se encuentra $m=0.145$ y $A=201\text{Kpsi-in}^m=2211\text{MPa-m}^m$ (ver Anexo B15).

La resistencia se calcula a partir de la ecuación:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad \text{Ec: 6.24}$$

Aplicando la Ec: 6.24 se tiene:

$$S_{ut} = \frac{201}{0.086^{0.145}} = 286.87Kpsi$$

El esfuerzo de torsión en el cuerpo principal del resorte será:

$$S_{sy} = 0.45S_{ut} = 0.45 \times 286.87 = 129.09Kpsi$$

El esfuerzo cortante bajo la carga de servicio es:

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{8K_B F_{max}}{\pi d^3} \quad Ec: 6.25$$

$$\tau_{m\acute{a}x} = \frac{8 \times 1.25 \times 43.34lbf}{\pi(0.086plg)^3} = 216.89Kpsi$$

$$n = \frac{S_{sy}}{\tau_{max}} = \frac{286.87Kpsi}{216.89Kpsi} = 1.32 \rightarrow \text{Resorte elegido OK}$$

6.7. Metodología

6.7.1. Especificaciones Técnicas

- Peso total de máquina: 15.40 kg.
- Dimensiones generales:

Largo: 1 m.

Ancho: 45 cm.

- Materiales principales de la máquina: el material en que se encuentra construida la mayoría de las partes es Acero ASTM A 36, y otros materiales más como Duralón, Acero A 500, Acero SAE 1018, pernos, tuercas, etc.

6.7.2. Componentes de la máquina

Soportes del Sistema Mecánico:

Tenemos 4 elementos construidos en Acero ASTM A 36, estos soportarán al mecanismo y lo anclarán a la bancada del torno.



FIGURA N° 6.47. Soportes.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Cremallera:

Este permitirá el movimiento longitudinal del carro principal.



FIGURA N° 6.48. Cremallera.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Carro principal:

En este va montado el carro porta cuchillas y el carro porta palpador, servirá de guía, para estos.



FIGURA N° 6.49. Carro Principal.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Carro Porta Cuchillas:



FIGURA N° 6.50. Carro Porta Cuchillas.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Carro Porta Palpador:



FIGURA N° 6.51. Carro Porta Palpador.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Porta Plantilla:

Sobre este descansará la plantilla a reproducir el perfil.



FIGURA N° 6.52. Porta Plantilla.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Piñón:

Tenemos 2 dispuestos, uno en contacto con la cremallera y el otro por encima del primero.



FIGURA N° 6.53. Piñón.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Ruedas de Duralón:

Estas facilitarán el desplazamiento de los carros porta cuchillas y palpador, a través de las guías de la bancada del carro principal.



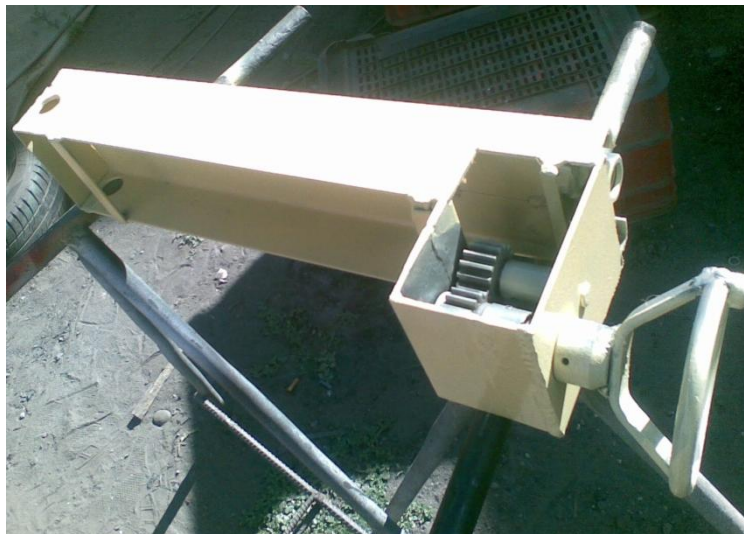
FIGURA N° 6.54. Ruedas en Duralón.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

Ejes para ruedas de Duralón para carros porta herramienta y palpador:



FIGURA N° 6.55. Ejes para ruedas de Duralón.
[Fuente: Propia capturada por el autor.]

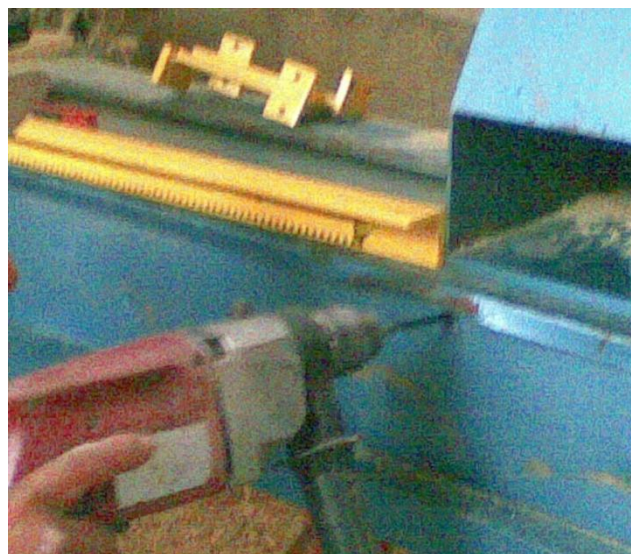
Luego de fabricados los elementos mecánicos se procedió a pintarlas, para protegerlo de la corrosión, para luego armarla y acoplarla al torno:



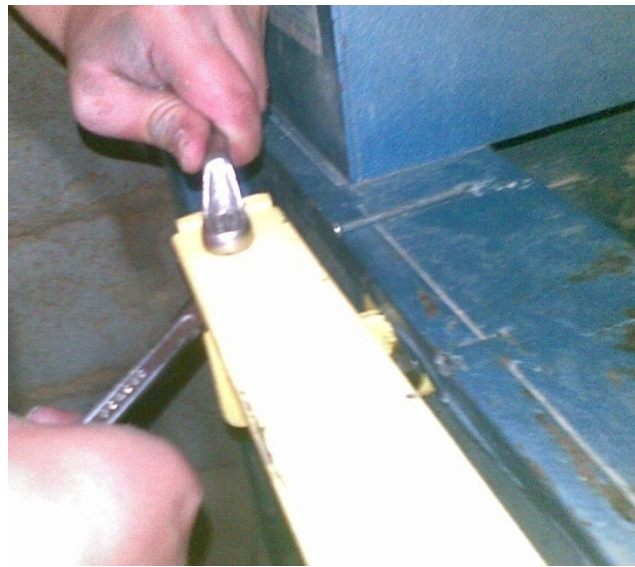


Acoplamiento del mecanismo coprador al torno:

- Primero se perforó la bancada del torno a la medida de los soportes, para el anclaje y armado del mecanismo.



- Una vez hechos los agujeros, se procedió al armado del Sistema mecánico para torner madera.



- Después de armado el mecanismo se procedió a realizar la prueba de funcionamiento.



6.8. Administración

6.8.1. Análisis de Costos

6.8.1.1. Costos Directos

Los costos directos realizados para la implementación del sistema mecánico copiador se presentan, en la siguiente tabla:

a) Costos de Materiales (CM)

Tabla Nº 6.2 Costo de Materiales.

| DESCRIPCIÓN | CANT | V. UNITARIO | V. TOTAL |
|-----------------------------|-------------------|-------------|----------|
| | | (USD) | (USD) |
| Piñón Recto | 2 | 10 | 20 |
| Cremallera | 1 | 25 | 25 |
| Platina 1/4"×8mm | 1m | 6.5 | 6.5 |
| Platina de 34 mm×8 | 1m | 5.34 | 5.34 |
| Plancha de tol 1/4" | 0.5m ² | 15 | 15 |
| Tubo cuadrado de 1"×2mm | 1m | 2.70 | 2.70 |
| Tubo cuadrado de 1 1/4"×2mm | 1m | 3.26 | 3.26 |
| Platina de 1/2"×1/8" | 1m | 0.53 | 0.53 |
| L 20×2 | 1m | 1.07 | 1.07 |
| L 50×2 | 1m | 3.92 | 3.92 |

Continúa

Tabla N° 6.2 (Continuación)

| | | | |
|---------------------------|------|--------|--------|
| L 40x ¼ " | 1m | 6.85 | 6.85 |
| Platina de 50x2 | 1m | 6.25 | 6.25 |
| DURALÓN Ø 19-21mm | 20cm | 8.2656 | 8.27 |
| Acero SAE 1018 Ø 1½" | 1m | 19.264 | 19.26 |
| Acero SAE 1018 Ø 1 ¼" | 10cm | 1.568 | 1.57 |
| Suelda AGA 6011 1/8 AGA | 5lb | 1.8896 | 9.4 |
| Pernos, Tuercas arandelas | 30 | 0.15 | 4.5 |
| SUBTOTAL | | | 139.47 |
| Imprevistos (10%) | | | 13.95 |
| TOTAL | | | 153.42 |

6.8.1.2. Costos Indirectos

a) Costo de Maquinaria y Equipos (CME)

Tabla N° 6.3 Costo de Maquinaria y Equipos

| MAQUINARIA Y EQUIPOS | USD/HORA | HORAS EMPLEADAS | SUB TOTAL (USD) |
|----------------------|----------|-----------------|-----------------|
| Taladro de Pedestal | 1.8 | 4 | 7.2 |
| Esmeril | 1.8 | 8 | 14.4 |
| Torno | 6 | 15 | 90 |
| Soldadora | 2.5 | 48 | 120 |
| SUBTOTAL | | | 231.6 |
| Imprevistos (10%) | | | 23.16 |
| TOTAL | | | 254.76 |

b) Costo de Mano de Obra (CMO)

Tabla N° 6.4 Costo de Mano de Obra

| MANO DE OBRA DIRECTA | COSTO/HORA | HORAS EMPLEADAS | SUB TOTAL (USD) |
|----------------------|------------|-----------------|-----------------|
| Técnico Mecánico | 2.50 | 48 | 120 |
| Ayudante | 1.80 | 48 | 86.4 |

Continúa

Tabla N° 6.4 (Continuación)

| | | | |
|-------------------|--|--|---------------|
| SUBTOTAL | | | 206.4 |
| Imprevistos (10%) | | | 20.64 |
| TOTAL | | | 227.04 |

c) Costos Varios (CV)

Aquí se encuentran aquellos costos de actividades adicionales necesarias para la realización del proyecto:

Tabla N° 6.5 Costo Varios

| DESCRIPCIÓN | COSTO (USD) |
|--------------------|--------------------|
| Movilización | 80,00 |
| Copias | 20,00 |
| Impresiones | 30,00 |
| Imprevistos (10%) | 15,60 |
| TOTAL | 145.6 |

6.8.1.3. Costo Total del Proyecto (CTP)

El costo total del proyecto incluyendo el 10% de imprevistos se presenta en la siguiente tabla:

$$CTP = CD + CI$$

Tabla N° 6.6 Costo Total del Proyecto

| Nº | COSTOS | VALOR (USD) |
|-----------|---------------|--------------------|
| 1 | CM | 153.42 |
| 2 | CME | 254.76 |
| 3 | CMO | 227.04 |
| 4 | CV | 145.6 |
| | TOTAL | 780.2 |

6.9. Previsión de la Evaluación

Carpintería Mayorga deberá realizar un mantenimiento preventivo al sistema mecánico copiado para prevenir fallas futuras en la operación y accidentes laborales.

- Es necesario mantener engrasadas las guías, y limpiarlas antes y después de usado el sistema mecánico.
- Con lo respecta a las guías, deben estar libres de aserrines polvos, para evitar atascamientos.
- Efectuar la revisión del mecanismo piñón cremallera está deberá ser lubricada cada tres meses, según el tiempo que esté en funcionamiento.
- Mantener limpia de igual manera el porta plantilla y guías del contrapunto para sujeción de la pieza torneada.
- Revisar periódicamente la caja de piñones que permiten el movimiento y realizar su respectiva limpieza y lubricación.
- Respecto al acoplamiento del sistema mecánico a la bancada del torno debe estar conectadas correctamente fijado y revisar su funcionalidad.

Las mejoras que se podría realizar en un futuro cercano en este sistema mecánico, de acuerdo a sus características constructivas y para conseguir el desarrollo de nuevas tecnologías, son:

- Se podría automatizar el movimiento longitudinal, para aligerar mayormente la tarea.
- La innovación que se podría hacer es automatizar los movimientos del palpador, para controlar de mejor manera el proceso de torneado
- Convertir esta tarea de torneado de madera en una completamente automática, CNC sería un desarrollo motivacional para los propietarios de esta empresa, y para las demás que se encuentren en su alrededor.

- Dar mayor funcionalidad a la máquina, es decir poder realizar además de piezas cilíndricas otros productos más como utensilios, adornos, entre otros.

BIBLIOGRAFÍA

Fuentes Bibliográficas

- ✓ ASKELAND, Donald. (2004). **Ciencia e Ingeniería de los Materiales**. 4^{ta}. Edición. Thomson, México.
- ✓ BARTSCH, Walter. (2003). **Alrededor del Torno**. Editorial Reverté, Barcelona.
- ✓ BUDYNAS, Richard G. NISBETT, J. Keith. (2006). **Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley**. 8^{va}. Edición. Mc Graw Hill, México.
- ✓ GARCÍA, D. Rafael (1994). **Manual de Fórmulas de Ingeniería**. Limusa. México.
- ✓ HEINRICH, Gerling. **Alrededor de las Máquinas Herramientas**. 3^{ra}. Edición. Editorial Reverté, Barcelona.
- ✓ HERRERA, L. MEDINA, A. NARANJO, G. (2008). **Tutoría de la Investigación Científica**. Maxtudio, Ambato.
- ✓ SALUEÑA, Xavier. ALBERRO, Amelia. (2000). **Tecnología Mecánica**. Ediciones UPC, Barcelona.
- ✓ SMITH, William. (1998). **Fundamentos de la Ciencia e Ingeniería de los Materiales**. 3^{ra}. Edición. McGraw Hill, Madrid.

Internet

- ✓ <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/2159/1/4280.pdf>
- ✓ http://www.unimaquinas.com/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=46
- ✓ http://www.canavese.com.ar/pedagogia/tornos/03%20tipo_de_tornos.htm
- ✓ <http://www.mimecanicapopular.com/vercarpi.php?n=76>
- ✓ <http://www.museo-maquina-herramienta.com/historia/Lehenengoko-erremintak/Tornuak>
- ✓ <http://www.mfluvia.com/images/torneado.pdf?osCsid=jle7i0er3nldbhq0up3gflsd5>
- ✓ <http://es.wikipedia.org/wiki/Torno>

- ✓ <http://www.construmatica.com/construpedia/Madera>
- ✓ www.cis.uva.es/imeim/Grupo6.doc

ANEXOS

ANEXO A:
Parámetros de Trabajo.

Anexo A1: Tabla Orientada de los valores de las condiciones de corte.
Para el Torneado.

| Material | Resistencia del material N/mm ² | Herramienta | Duraciones de la herramienta en min | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|--|----------------------------|-------------------------------------|-----|-----|------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|--|--|
| | | | 60 | | | 240 | | | 480 | | | 60 | | | 240 | | | 480 | | |
| | | | Avances en mm/revolución | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0,1 | | | 0,2 | | | 0,4 | | | 0,8 | | | 1,6 | | | | | | | | |
| Velocidades de corte v en m/min | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| St 50 | 500 ... 600 | SS P 10 P 20 P 30 | 300 | 250 | 224 | 48 | 34 | 28 | 36 | 25 | 21 | 27 | 19 | 16 | 20 | | | | | |
| | | | | | | 265 | 212 | 190 | 224 | 180 | 160 | 190 | 150 | 132 | 14 | 12 | | | | |
| | | | | | | 180 | 140 | 125 | 150 | 118 | 106 | 125 | 100 | 90 | 106 | 85 | 75 | | | |
| | | | | | | | | | 100 | 80 | 71 | 85 | 67 | 60 | 71 | 56 | 50 | | | |
| St 60 | 600 ... 700 | SS P 10 P 20 P 30 | 280 | 236 | 212 | 40 | 28 | 24 | 30 | 21 | 18 | 22 | 16 | 13 | 17 | | | | | |
| | | | | | | 250 | 200 | 180 | 212 | 170 | 150 | 180 | 140 | 125 | 12 | 10 | | | | |
| | | | | | | 150 | 118 | 106 | 125 | 100 | 90 | 106 | 85 | 75 | 90 | 71 | 63 | | | |
| | | | | | | | | | 85 | 67 | 60 | 71 | 56 | 50 | 60 | 48 | 43 | | | |
| St 70 | 700 ... 850 | SS P 10 P 20 P 30 | 250 | 200 | 180 | 32 | 22 | 19 | 24 | 17 | 14 | 18 | 13 | 11 | 13 | | | | | |
| | | | | | | 212 | 170 | 150 | 170 | 132 | 118 | 132 | 106 | 95 | 13 | 9,5 | | | | |
| | | | | | | 125 | 100 | 90 | 100 | 80 | 71 | 80 | 63 | 56 | 63 | 50 | 45 | | | |
| | | | | | | | | | 67 | 53 | 48 | 53 | 43 | 38 | 43 | 34 | 30 | | | |
| GG | Dureza Brinell 200 ... 250 | SS K 10 | 150 | 106 | 90 | 32 | 22 | 19 | 18 | 13 | 11 | 13 | 9,5 | 8 | | | | | | |
| | | | | | | 125 | 90 | 75 | 106 | 75 | 63 | 90 | 63 | 53 | 75 | 5,6 | | | | |
| Latón | Dureza Brinell 80 ... 120 | SS K 20 | 1320 | 600 | 400 | 125 | 95 | 80 | 85 | 63 | 53 | 56 | 43 | 36 | | | | | | |
| | | | | | | 1180 | 530 | 355 | 1000 | 450 | 300 | 900 | 400 | 265 | 800 | 355 | | | | |
| Aleac. de Al 11 ... 13 % Si | | SS K 20 | 100 | 56 | 43 | 67 | 38 | 28 | 45 | 25 | 19 | 30 | 17 | 13 | | | | | | |
| | | | | | | 500 | 224 | 150 | 425 | 190 | 125 | 355 | 160 | 106 | 315 | 140 | | | | |
| Goma dura Papel duro | | K 10 | 600 | 300 | 212 | 560 | 280 | 200 | 500 | 250 | 180 | 450 | 224 | 160 | | | | | | |
| | | | | | | 475 | 236 | 170 | 400 | 200 | 140 | 335 | 170 | 118 | 300 | 140 | | | | |

[Fuente: HEINRICH, Gerling. Alrededor de las Máquinas Herramientas.]

Anexo A2: Aplicaciones generales de las herramientas de corte


| Tipo de plaquita | Aplicaciones generales | Grupo (Según operación: desbaste o acabado) | Característica mecánica |
|------------------|--|---|---|
| P | Mecanizado de aceros, aceros fundidos, aceros inoxidables y fundiciones maleables. (viruta larga) | Grupo 01: Corresponde al torneado y mandrinado de acabado, sin cortes intermitentes y a elevadas velocidades de corte, avances pequeños y pequeñas profundidades de corte. Grupo 25: Se considera el campo medio, es el área de semidesbaste o semiacabado. Grupo 50: Para operaciones de desbastes, que arrancan gran volumen de viruta y trabajan a bajas velocidades de corte. | Resistencia al desgaste  Tenacidad |
| M | Mecanizado de aceros inoxidables austeníticos, aceros al manganeso, materiales resistentes al calor, aleaciones de hierro fundido, etc. (viruta larga y corta) | | |
| K | Mecanizado de fundición gris y fundiciones duras de coquilla, aceros duros y metales no ferrosos como el aluminio, bronce, no metales como los plásticos, madera, ebonita, materiales termoplásticos. (viruta corta) | | |

Tabla 2. Aplicaciones generales de las plaquitas de metal duro.
(la magnitud de la resistencia y la tenacidad aumenta en la dirección de las flechas).

[Fuente: SALUEÑA, Xavier. ALBERRO, Amelia. (2000). Tecnología Mecánica.]

Anexo A3: Maderas seleccionadas para el proceso de torneado en la Carpintería Mayorga.

| Nº: | Nombre Común: | Nombre Científico: | Resistencia al corte σ_R : |
|-----|------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | Laurel | Nectandra sp. | 282 Kg/cm ² |
| 2 | Cedro | Cedrela odorata L. | 273 Kg/cm ² |
| 3 | Pino | Pinus radiata Don. | 348 Kg/cm ² |
| 4 | Colorado Manzano | Guarea kunthiana Adr. Juss. | 579 Kg/cm ² |
| 5 | Aguano | Cedrelinga catenaeformis Ducke | 388 Kg/cm ² |
| 6 | Haucamayo Caspi | Sickingia tinctoria | 670 Kg/cm ² |

[Fuente: Tomado del Compendio de Información Técnica de Especies Forestales del Grupo Andino Tomo I y II.]
[Elaborada por el autor]

Anexo A4: Velocidades recomendadas para tornear madera.

| Velocidades del torno para tornear madera | | | |
|--|-------------------|----------------------|---------------|
| Diámetro de trabajo | Cortes burdos rpm | Cortes generales rpm | Acabado rpm |
| Menos de 2" | 900 a 1,300 | 2,400 a 2,800 | 3,000 a 4,000 |
| 2 a 4" | 600 a 1,000 | 1,800 a 2,400 | 2,400 a 3,000 |
| 4 a 6" | 600 a 800 | 1,200 a 1,800 | 1,800 a 2,400 |
| 6 a 8" | 400 a 600 | 800 a 1,200 | 1,200 a 1,800 |
| 8 a 10" | 300 a 400 | 600 a 800 | 900 a 1,200 |
| Sobre 10" | 200 a 300 | 300 a 600 | 600 a 900 |

Ajuste la velocidad del torno según el diámetro de la pieza.
Use baja velocidad para curvas grandes

[Fuente: <http://www.mimecanicapopular.com/vercarpi.php?n=76>]

Anexo A5: Normas de Seguridad para el Torneado de madera²⁵

El torno es una útil herramienta motriz cuyo uso no representa ningún peligro siempre y cuando se tomen las siguientes precauciones:

- Nunca use ropa suelta ni joyas.
- Siempre el operario debe usar una mascarilla y gafas de seguridad.
- Mantenga las cuchillas del torno bien afiladas y sujételas firmemente en el porta cuchillas.
- Realice el trabajo con cuidado. Evite usar madera con grietas o nudos.

²⁵ <http://www.mimecanicapopular.com/vercarpi.php?n=76>

- Permita que las piezas laminadas (encoladas) se sequen por completo antes de tornearlas.
- Escoja la velocidad correcta del torno para el diámetro de la pieza que se torneará.
- Coloque el porta cuchillas a una distancia prudente de la pieza de trabajo. Haga girar la pieza de trabajo a mano para asegurarse de que éste no haga contacto con el porta cuchillas.
- Nunca deberá ajustarse el porta cuchillas mientras el torno esté en movimiento.
- Quítese siempre el porta cuchillas de la pieza de trabajo al lijar o dar acabado.

ANEXO B:
Diseño Mecánico.

Anexo B1: Propiedades Mecánicas Acero ASTM A 36.

| NORMA | COMPOSICION QUIMICA | | | | | | | PROPIEDADES MECANICAS | | | | |
|---------------------|---------------------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|---|-----------------------|-----------------------|------------------|--------------|---|
| | % C | %MN | %P | %S | %SI | %CU | OTROS | Fluencia (Mpa) | Esfuerzo Máximo (Mpa) | Alarga- miento % | Doblado 180° | NORMA EQUIVALENTE |
| ASTM A-588M GRADO A | 0,19 max | 0,8 1,25 | 0,04 max | 0,05 max | 0,3 0,6 | 0,25 0,40 | Ni 0,15-0,35 Cr 0,40-0,65 V 0,02-0,10 | 345 min | 485 min | 18 min | | |
| ASTM A-283 GRADO C | 0,12 0,18 | 0,3 0,6 | 0,025 max | 0,03 max | 0,04 max | 0,2 max | | 205 min | 380 516 max | 25 min | 0=1,5e | SAE 1015 |
| JIS G-3101 SS41 M | 0,17 0,23 | 0,3 0,6 | 0,025 max | 0,025 max | 0,04 max | 0,25 max | | 250 min | 400 min 550 max | 21 min | | SAE 1020 ASTM A-36 ASTM A-570 GRADO 36 |
| A 36 | 0,25 0,29 | 0,80 1,2 | 0,04 max | 0,05 max | 0,4 max | 0,20 max | | 250 min | 400 min 550 max | 20 min | | |

Anexo B2: Tubo Estructural Cuadrado Catálogo de Acero DIPAC®.

TUBO ESTRUCTURAL CUADRADO

Especificaciones Generales

| | |
|----------------------|---------------------|
| Norma | ASTM A-500 |
| Recubrimiento | Negro o galvanizado |
| Largo normal | 6 mts. |
| Otros largos | Previa Consulta |
| Dimensiones | Desde 20mm a 100mm |
| Espesor | Desde 2,0mm a 3,0mm |

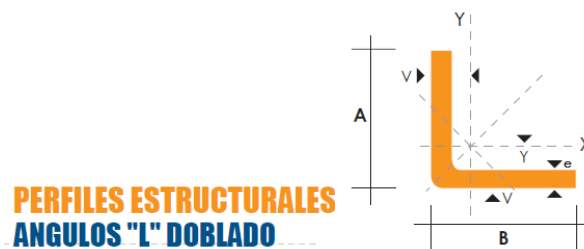


| DIMENSIONES | | | AREA | EJES X-Xe Y-Y | | |
|-------------|------------|-----------|----------|---------------|-------|------|
| A mm | ESPESOR mm | PESO Kg/m | AREA cm2 | I cm4 | W cm3 | i cm |
| 20 | 1,2 | 0,72 | 0,90 | 0,53 | 0,53 | 0,77 |
| 20 | 1,5 | 0,88 | 1,05 | 0,58 | 0,58 | 0,74 |
| 20 | 2,0 | 1,15 | 1,34 | 0,69 | 0,69 | 0,72 |
| 25 | 1,2 | 0,90 | 1,14 | 1,08 | 0,87 | 0,97 |
| 25 | 1,5 | 1,12 | 1,35 | 1,21 | 0,97 | 0,95 |
| 25 | 2,0 | 1,47 | 1,74 | 1,48 | 1,18 | 0,92 |
| 30 | 1,2 | 1,09 | 1,38 | 1,91 | 1,28 | 1,18 |
| 30 | 1,5 | 1,35 | 1,65 | 2,19 | 1,46 | 1,15 |
| 30 | 2,0 | 1,78 | 2,14 | 2,71 | 1,81 | 1,13 |
| 40 | 1,2 | 1,47 | 1,80 | 4,38 | 2,19 | 1,25 |
| 40 | 1,5 | 1,82 | 2,25 | 5,48 | 2,74 | 1,56 |
| 40 | 2,0 | 2,41 | 2,94 | 6,93 | 3,46 | 1,54 |
| 40 | 3,0 | 3,54 | 4,44 | 10,20 | 5,10 | 1,52 |

Anexo B3: Propiedades Mecánicas del Acero ASTM A-500

| Norma ASTM A 500 Grado del Acero | | Propiedades Mecánicas (mínimas) | | | | |
|---|---|--|------------------------------|---|-------------------------------------|-------------|
| | | Límite de Fluencia Mpa (Kg/cm ²) | Límite de Fluencia psi | Resistencia a la Tracción Mpa (Kg/cm ²) | Resistencia a la Tracción psi | % Elong. |
| Circular | A | 228 (2.320) | 33,000 | 310 (3.170) | 45,000 | 25 |
| | B | 290 (2.955) | 42,000 | 400 (4.080) | 58,000 | 23 |
| | C | 317 (3.230) | 46,000 | 427 (4.360) | 62,000 | 21 |
| Cuadrado y rectangular | A | 269 (2.740) | 39,000 | 310 (3.170) | 45,000 | 25 |
| | B | 317 (3.230) | 46,000 | 400 (4.080) | 58,000 | 23 |
| | C | 345 (3.515) | 50,000 | 427 (4.360) | 62,000 | 21 |

Anexo B4: Ángulos Catálogo de Acero DIPAC®.



| DIMENSIONES | | | PESOS | | | | EJE X-X = EJE Y-Y | | EJE U-U | EJE V-V | |
|-------------|----|----|----------|---------|-----------------|-----------------|-------------------|------|---------|---------|------|
| A | B | e | 6 metros | 1 metro | SECCION | I | W | i | X=Y | i | i |
| mm | mm | mm | Kg | Kg | cm ² | cm ⁴ | cm ³ | cm | cm | cm | cm |
| 25 | 25 | 2 | 4.38 | 0.73 | 0.93 | 0.57 | 0.32 | 0.78 | 0.72 | 0.99 | 0.47 |
| 25 | 25 | 3 | 6.36 | 1.06 | 1.35 | 0.79 | 0.44 | 0.76 | 0.77 | 0.98 | 0.44 |
| 30 | 30 | 2 | 5.34 | 0.89 | 1.13 | 1.00 | 0.46 | 0.94 | 0.84 | 1.20 | 0.58 |
| 30 | 30 | 3 | 7.80 | 1.30 | 1.65 | 1.41 | 0.67 | 0.92 | 0.89 | 1.18 | 0.55 |
| 30 | 30 | 4 | 10.08 | 1.68 | 2.14 | 1.80 | 0.88 | 0.92 | 0.94 | 1.17 | 0.52 |
| 40 | 40 | 2 | 7.20 | 1.20 | 1.53 | 2.44 | 0.84 | 1.26 | 1.09 | 1.61 | 0.78 |
| 40 | 40 | 3 | 10.62 | 1.77 | 2.25 | 3.50 | 1.22 | 1.25 | 1.14 | 1.59 | 0.76 |
| 40 | 40 | 4 | 13.86 | 2.31 | 2.94 | 4.46 | 1.58 | 1.23 | 1.19 | 1.58 | 0.78 |
| 40 | 40 | 5 | 19.62 | 2.82 | 3.59 | 5.31 | 1.91 | 1.22 | 1.23 | 0.73 | 0.73 |
| 50 | 50 | 2 | 9.12 | 1.52 | 1.93 | 4.86 | 1.33 | 1.58 | 1.34 | 2.01 | 0.98 |
| 50 | 50 | 3 | 13.44 | 2.24 | 2.85 | 7.03 | 1.95 | 1.57 | 1.39 | 2.00 | 0.96 |
| 50 | 50 | 4 | 17.64 | 2.94 | 3.74 | 9.04 | 2.53 | 1.56 | 1.43 | 1.98 | 0.94 |

| DENOMINACION | DIMENSIONES | | PESO | | AREA |
|--------------|-------------|---|------|-------|-----------------|
| | mm | | kg/m | kg/6m | cm ² |
| | a | e | | | |
| AL 20X2 | 20 | 2 | 0.60 | 3.62 | 0.76 |
| AL 20X3 | 20 | 3 | 0.87 | 5.27 | 1.11 |
| AL 25X2 | 25 | 2 | 0.75 | 4.56 | 0.96 |
| AL 25X3 | 25 | 3 | 1.11 | 6.68 | 1.41 |
| AL 25X4 | 25 | 4 | 1.45 | 8.75 | 1.84 |
| AL 30X3 | 30 | 3 | 1.36 | 8.13 | 1.71 |
| AL 30X4 | 30 | 4 | 1.77 | 10.63 | 2.24 |

Anexo B5: Perfil Importado Catálogo de Acero DIPAC®.

PERFILES IMPORTADOS ANGULOS



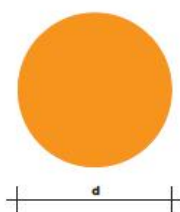
| DENOMINACION | DIMENSIONES | | PESO | | AREA |
|--------------|-------------|----|-------|--------|-------|
| | mm | | kg/m | kg/6m | cm2 |
| | a | e | | | |
| AL 20X2 | 20 | 2 | 0.60 | 3.62 | 0.76 |
| AL 20X3 | 20 | 3 | 0.87 | 5.27 | 1.11 |
| AL 25X2 | 25 | 2 | 0.75 | 4.56 | 0.96 |
| AL 25X3 | 25 | 3 | 1.11 | 6.68 | 1.41 |
| AL 25X4 | 25 | 4 | 1.45 | 8.75 | 1.84 |
| AL 30X3 | 30 | 3 | 1.36 | 8.13 | 1.71 |
| AL 30X4 | 30 | 4 | 1.77 | 10.63 | 2.24 |
| AL 40X3 | 40 | 3 | 1.81 | 11.00 | 2.31 |
| AL 40X4 | 40 | 4 | 2.39 | 14.34 | 3.04 |
| AL 40X6 | 40 | 6 | 3.49 | 21.34 | 4.44 |
| AL 50X3 | 50 | 3 | 2.29 | 13.85 | 2.91 |
| AL 50X4 | 50 | 4 | 3.02 | 18.33 | 3.84 |
| AL 50X6 | 50 | 6 | 4.43 | 26.58 | 5.64 |
| AL 60X6 | 60 | 6 | 5.37 | 32.54 | 6.84 |
| AL 60X8 | 60 | 8 | 7.09 | 42.54 | 9.03 |
| AL 65X6 | 65 | 6 | 5.84 | 35.25 | 7.44 |
| AL 70X6 | 70 | 6 | 6.32 | 38.28 | 8.05 |
| AL 75X6 | 75 | 6 | 6.78 | 40.65 | 8.64 |
| AL 75X8 | 75 | 8 | 8.92 | 54.18 | 11.36 |
| AL 80X8 | 80 | 8 | 9.14 | 11.60 | 11.60 |
| AL 100X6 | 100 | 6 | 9.14 | 56.95 | 11.64 |
| AL 100X8 | 100 | 8 | 12.06 | 74.05 | 15.36 |
| AL 100X10 | 100 | 10 | 15.04 | 90.21 | 19.15 |
| AL 100X12 | 100 | 12 | 18.26 | 109.54 | 22.56 |

Anexo B6: Varilla Redonda lisa Catálogo de Acero DIPAC®.

Especificaciones Generales

| | |
|------------------------|-----------------|
| Calidad | ASTM A 36 |
| Otras calidades | Previa Consulta |
| Largo normal | 6,00 m. |
| Otros largos | Previa Consulta |
| Acabado | Natural |
| Otro acabado | Previa Consulta |

VARILLA REDONDA LISA



| DENOMINACION | DIAMETRO | | PESO | | AREA |
|--------------|----------|------|-------|------|------|
| | mm | kg/m | kg/6m | cm2 | |
| VRL 5,5 | 5.5 | 0.34 | 2.04 | 0.43 | |
| VRL 8 | 8.0 | 0.50 | 2.96 | 0.63 | |
| VRL 10 | 10.0 | 0.62 | 3.70 | 0.79 | |
| VRL 12 | 12.0 | 0.89 | 5.33 | 1.13 | |
| VRL 15 | 15.0 | 1.39 | 8.32 | 1.77 | |
| VRL 18 | 18.0 | 2.00 | 11.98 | 2.55 | |
| VRL 22 | 22.0 | 2.98 | 17.90 | 3.80 | |
| VRL 24,5 | 24.0 | 3.70 | 22.20 | 4.71 | |

Anexo B7: Coeficientes de rozamiento estático y cinético.

| Superficies en contacto | μ_s | μ_k |
|--------------------------------------|----------|---------|
| Cobre sobre acero | 0.53 | 0.36 |
| Acero sobre acero | 0.74 | 0.57 |
| Aluminio sobre acero | 0.61 | 0.47 |
| Caucho sobre concreto | 1.0 | 0.8 |
| Madera sobre madera | 0.25-0.5 | 0.2 |
| Madera encerada sobre nieve húmeda | 0.14 | 0.1 |
| Teflón sobre teflón | 0.04 | 0.04 |
| Articulaciones sinoviales en humanos | 0.01 | 0.003 |

Anexo B8: Valores del factor de forma de Lewis

Table 14-2

Values of the Lewis Form Factor Y (These Values Are for a Normal Pressure Angle of 20°, Full-Depth Teeth, and a Diametral Pitch of Unity in the Plane of Rotation)

| Number of Teeth | Y | Number of Teeth | Y |
|-----------------|-------|-----------------|-------|
| 12 | 0.245 | 28 | 0.353 |
| 13 | 0.261 | 30 | 0.359 |
| 14 | 0.277 | 34 | 0.371 |
| 15 | 0.290 | 38 | 0.384 |
| 16 | 0.296 | 43 | 0.397 |
| 17 | 0.303 | 50 | 0.409 |
| 18 | 0.309 | 60 | 0.422 |
| 19 | 0.314 | 75 | 0.435 |
| 20 | 0.322 | 100 | 0.447 |
| 21 | 0.328 | 150 | 0.460 |
| 22 | 0.331 | 300 | 0.472 |
| 24 | 0.337 | 400 | 0.480 |
| 26 | 0.346 | Rack | 0.485 |

Anexo B9: Resistencia a la flexión del Hierro fundido y Bronce

Table 14-4

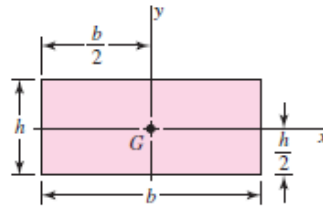
Repeatedly Applied Bending Strength S_f for Iron and Bronze Gears at 10^7 Cycles and 0.99 Reliability

Source: ANSI/AGMA 2001-D04.

| Material | Material Designation ¹ | Heat Treatment | Typical Minimum Surface Hardness ² | Allowable Bending Stress Number, S_f , ³ psi |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|---|---|
| ASTM A48 gray cast iron | Class 20 | As cast | — | 5000 |
| | Class 30 | As cast | 174 HB | 8500 |
| | Class 40 | As cast | 201 HB | 13 000 |
| ASTM A536 ductile (nodular) Iron | Grade 60-40-18 | Annealed | 140 HB | 22 000-33 000 |
| | Grade 80-55-06 | Quenched and tempered | 179 HB | 22 000-33 000 |
| | Grade 100-70-03 | Quenched and tempered | 229 HB | 27 000-40 000 |
| | Grade 120-90-02 | Quenched and tempered | 269 HB | 31 000-44 000 |
| Bronze | | Sand cast | Minimum tensile strength 40 000 psi | 5700 |
| | ASTM B-148 Alloy 954 | Heat treated | Minimum tensile strength 90 000 psi | 23 600 |

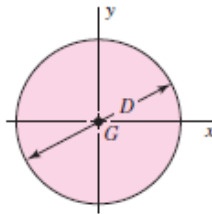
Anexo B10: Propiedades de secciones

Rectangle



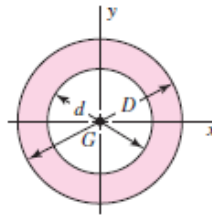
$$A = bh \quad I_x = \frac{bh^3}{12} \quad I_y = \frac{b^3h}{12} \quad I_{xy} = 0$$

Circle



$$A = \frac{\pi D^2}{4} \quad I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64} \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi D^4}{32}$$

Hollow circle



$$A = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \quad I_x = I_y = \frac{\pi}{64}(D^4 - d^4) \quad I_{xy} = 0 \quad J_G = \frac{\pi}{32}(D^4 - d^4)$$

Anexo B11: Resistencia de algunos aceros laminados

Table A-20

Deterministic ASTM Minimum Tensile and Yield Strengths for Some Hot-Rolled (HR) and Cold-Drawn (CD) Steels [The strengths listed are estimated ASTM minimum values in the size range 18 to 32 mm ($\frac{3}{4}$ to $1\frac{1}{2}$ in). These strengths are suitable for use with the design factor defined in Sec. 1-10, provided the materials conform to ASTM A6 or A568 requirements or are required in the purchase specifications. Remember that a numbering system is not a specification.] Source: 1986 SAE Handbook, p. 2.15.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------|------------------------|-----------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------------|-------------------------|---------------------|
| UNS No. | SAE and/or AISI No. | Proces- sing | Tensile Strength, MPa (kpsi) | Yield Strength, MPa (kpsi) | Elongation in 2 in, % | Reduction in Area, % | Brinell Hardness |
| G10060 | 1006 | HR | 300 (43) | 170 (24) | 30 | 55 | 86 |
| | | CD | 330 (48) | 280 (41) | 20 | 45 | 95 |
| G10100 | 1010 | HR | 320 (47) | 180 (26) | 28 | 50 | 95 |
| | | CD | 370 (53) | 300 (44) | 20 | 40 | 105 |
| G10150 | 1015 | HR | 340 (50) | 190 (27.5) | 28 | 50 | 101 |
| | | CD | 390 (56) | 320 (47) | 18 | 40 | 111 |
| G10180 | 1018 | HR | 400 (58) | 220 (32) | 25 | 50 | 116 |
| | | CD | 440 (64) | 370 (54) | 15 | 40 | 126 |
| G10200 | 1020 | HR | 380 (55) | 210 (30) | 25 | 50 | 111 |
| | | CD | 470 (68) | 390 (57) | 15 | 40 | 131 |
| G10300 | 1030 | HR | 470 (68) | 260 (37.5) | 20 | 42 | 137 |
| | | CD | 520 (76) | 440 (64) | 12 | 35 | 149 |
| G10350 | 1035 | HR | 500 (72) | 270 (39.5) | 18 | 40 | 143 |
| | | CD | 550 (80) | 460 (67) | 12 | 35 | 163 |
| G10400 | 1040 | HR | 520 (76) | 290 (42) | 18 | 40 | 149 |
| | | CD | 590 (85) | 490 (71) | 12 | 35 | 170 |

Anexo B12: Valores para las condiciones de extremo

Table 4-2

End-Condition Constants
for Euler Columns [to Be
Used with Eq. (4-40)]

| Column End Conditions | End-Condition Constant C | | |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| | Theoretical Value | Conservative Value | Recommended Value* |
| Fixed-free | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{4}$ |
| Rounded-rounded | 1 | 1 | 1 |
| Fixed-rounded | 2 | 1 | 1.2 |
| Fixed-fixed | 4 | 1 | 1.2 |

*To be used only with liberal factors of safety when the column load is accurately known.

Anexo B13: Roscas Whitworth

| Diámetro nominal | TORNILLO Y TUERCA | | | | | | | | Diámetro nominal |
|---------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|----------------------------|-------|----------------------------------|-------|----------------------|---------------------|
| | Diámetro exterior | Diámetro en el núcleo | Sección en el núcleo | Profundidad de la rosca | Radio | Diámetro medio de la rosca | Paso | Hilos por pulgada | |
| Pulgadas | d | d ₁ | cm ² | h | r | d ₂ | p | n | Pulgadas |
| $\frac{1}{4}$ | 6,350 | 4,724 | 0,175 | 0,813 | 0,174 | 5,537 | 1,270 | 20 | $\frac{1}{4}$ |
| $\frac{5}{16}$ | 7,938 | 6,131 | 0,295 | 0,904 | 0,194 | 7,034 | 1,411 | 18 | $\frac{5}{16}$ |
| $\frac{3}{8}$ | 9,525 | 7,492 | 0,441 | 1,017 | 0,218 | 8,509 | 1,588 | 16 | $\frac{3}{8}$ |
| ($\frac{7}{16}$) | 11,113 | 8,789 | 0,607 | 1,162 | 0,249 | 9,951 | 1,814 | 14 | ($\frac{7}{16}$) |
| $\frac{1}{2}$ | 12,700 | 9,990 | 0,784 | 1,355 | 0,291 | 11,345 | 2,117 | 12 | $\frac{1}{2}$ |
| $\frac{5}{8}$ | 15,876 | 12,918 | 1,311 | 1,479 | 0,317 | 14,397 | 2,309 | 11 | $\frac{5}{8}$ |
| $\frac{3}{4}$ | 19,051 | 15,798 | 1,960 | 1,627 | 0,349 | 17,424 | 2,540 | 10 | $\frac{3}{4}$ |
| $\frac{7}{8}$ | 22,226 | 18,611 | 2,720 | 1,807 | 0,388 | 20,419 | 2,822 | 9 | $\frac{7}{8}$ |

Anexo B14: Catálogo de resortes SPEC®

| EXTENSION SPRINGS - MUSIC WIRE | | | | | | | |
|--------------------------------|---------|--------|---------|---------------------|--------|-------|----------|
| Part Number | Do (mm) | d (mm) | Lo (mm) | L ₁ (mm) | P (N) | T (N) | R (N/mm) |
| T32000 | | | 34.90 | 66.10 | | | 1.55 |
| T32010 | | | 43.30 | 93.30 | | | 0.97 |
| T32020 | | 1.40 | 55.90 | 134.00 | 57.10 | 8.57 | 0.62 |
| T32030 | 15.00 | | 76.90 | 201.90 | | | 0.39 |
| T32040 | | | 105.00 | 292.00 | | | 0.26 |
| T32450 | | | 41.20 | 56.00 | | | 11.40 |
| T32460 | | 2.20 | 54.40 | 78.10 | 198.00 | 29.63 | 7.10 |
| T32470 | | | 74.20 | 111.20 | | | 4.55 |

SPEC

MUELLES/RESORTES DE TRACCION

Los muelles/resortes de tracción de SPEC tienen un amplio número de aplicaciones en trabajos experimentales, de desarrollo, prototipos y de mantenimiento y han sido concebidos y diseñados según los más altos niveles de precisión.

MATERIALES

Referencia "E"

Alambre de piano: ASTM A228 ó AMS 5112

Acero inoxidable: Tipo 302 según ASTM A313 ó AMS 5688 templado (químico y mecánico solamente).

Referencia "T"

Alambre de piano: DIN 17223 ó JIS G4314 A313 SWP-A/B ó AMS 5112

Acero inoxidable: Tipo 301, 302 ó 304 según DIN 17224 ó JIS G4314 SUS 302/304 ó templado de resorte AMS 5688 (químico y mecánico solamente).

INFORMACIÓN TÉCNICA ADICIONAL

Todos los muelles/resortes de tracción de SPEC tienen un diámetro uniforme de cuerpo y se fabrican con espiras enteras, cuyo diámetro es igual que el cuerpo. Se enrollan con una tensión inicial. Por lo tanto, es preciso aplicar un poco de fuerza antes de que se puedan separar las espiras.

EXTREMOS

Espiras alemanas cerradas. La posición del extremo puede variar.

CARGAS

La tensión inicial T es solamente referencial y puede variar. Con el fin de determinar la carga a cualquier longitud de trabajo, utilice $P = (L - L_x) \times R$ donde Lx es la longitud de trabajo + tensión inicial.

1 lb = 4,448 Newtons

1 Newton = 0,225 lb

Anexo B15: Constantes A y m de $S_{ur} = A/d^m$

Table 10-4

Constants A and m of $S_{ur} = A/d^m$ for Estimating Minimum Tensile Strength of Common Spring Wires

Source: From *Design Handbook*, 1987, p. 19. Courtesy of Associated Spring.

| Material | ASTM No. | Exponent m | Diameter, in | A, kpsi · in ^m | Diameter, mm | A, MPa · mm ^m | Relative Cost of wire |
|------------------------|----------|------------|--------------|---------------------------|--------------|--------------------------|-----------------------|
| Music wire* | A228 | 0.145 | 0.004–0.256 | 201 | 0.10–6.5 | 2211 | 2.6 |
| OQ&T wire† | A229 | 0.187 | 0.020–0.500 | 147 | 0.5–12.7 | 1855 | 1.3 |
| Hard-drawn wire‡ | A227 | 0.190 | 0.028–0.500 | 140 | 0.7–12.7 | 1783 | 1.0 |
| Chrome-vanadium wire§ | A232 | 0.168 | 0.032–0.437 | 169 | 0.8–11.1 | 2005 | 3.1 |
| Chrome-silicon wire | A401 | 0.108 | 0.063–0.375 | 202 | 1.6–9.5 | 1974 | 4.0 |
| 302 Stainless wire# | A313 | 0.146 | 0.013–0.10 | 169 | 0.3–2.5 | 1867 | 7.6–11 |
| | | 0.263 | 0.10–0.20 | 128 | 2.5–5 | 2065 | |
| | | 0.478 | 0.20–0.40 | 90 | 5–10 | 2911 | |
| Phosphor-bronze wire** | B159 | 0 | 0.004–0.022 | 145 | 0.1–0.6 | 1000 | 8.0 |
| | | 0.028 | 0.022–0.075 | 121 | 0.6–2 | 913 | |
| | | 0.064 | 0.075–0.30 | 110 | 2–7.5 | 932 | |

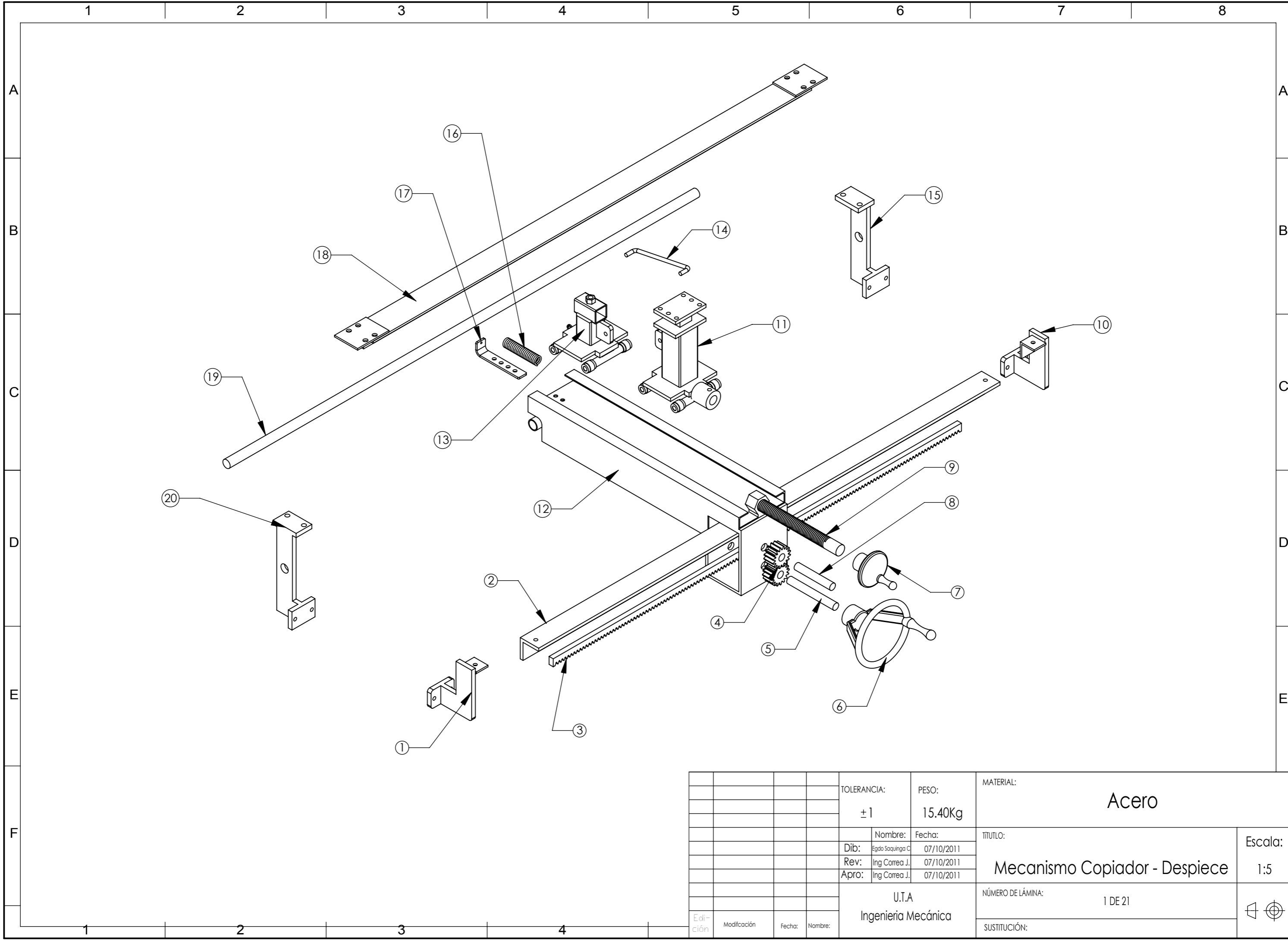
Anexo C: Modelo para la Guía de Observación

GUÍA DE OBSERVACIÓN

[Elaborado por: SAQUINGA, Carlos (2011)]

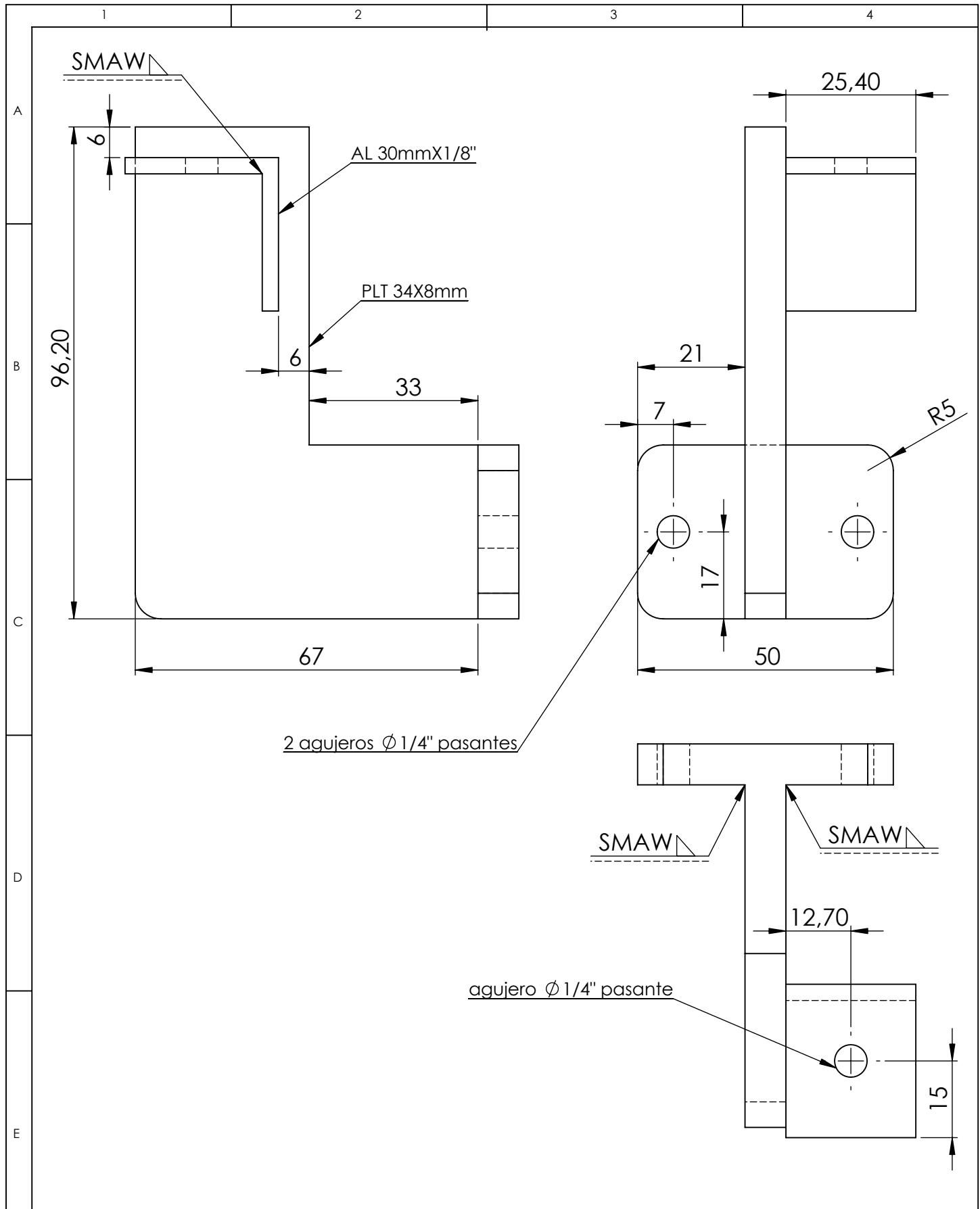
| Ejecutor: | | | | |
|-----------------------------|---|-----------------|-----------|----------------------|
| Fecha de aplicación: | | | | |
| Lugar: | | | | |
| No | Acciones a evaluar | REGISTRO | | OBSERVACIONES |
| | | SI | NO | |
| 1 | El sistema de torneado ofrece seguridad al operario para realizar la tarea. | | | |
| 2 | El sistema de torneado permite mantener calidad dimensional en el producto. | | | |
| 3 | El desarrollo del proceso resulta fácil y rápido. | | | |
| 4 | El operario conoce los parámetros de trabajo adecuados. | | | |
| 5 | Se cuenta con las herramientas necesarias. | | | |
| 6 | Se escoge el tipo de madera, antes de mecanizarle. | | | |
| 7 | Influye enormemente la calidad de la madera en la calidad del producto. | | | |
| 8 | Existe algún modelo o patrón de torneado a seguir, con lo cual permita mantener características iguales en el producto. | | | |

PLANOS



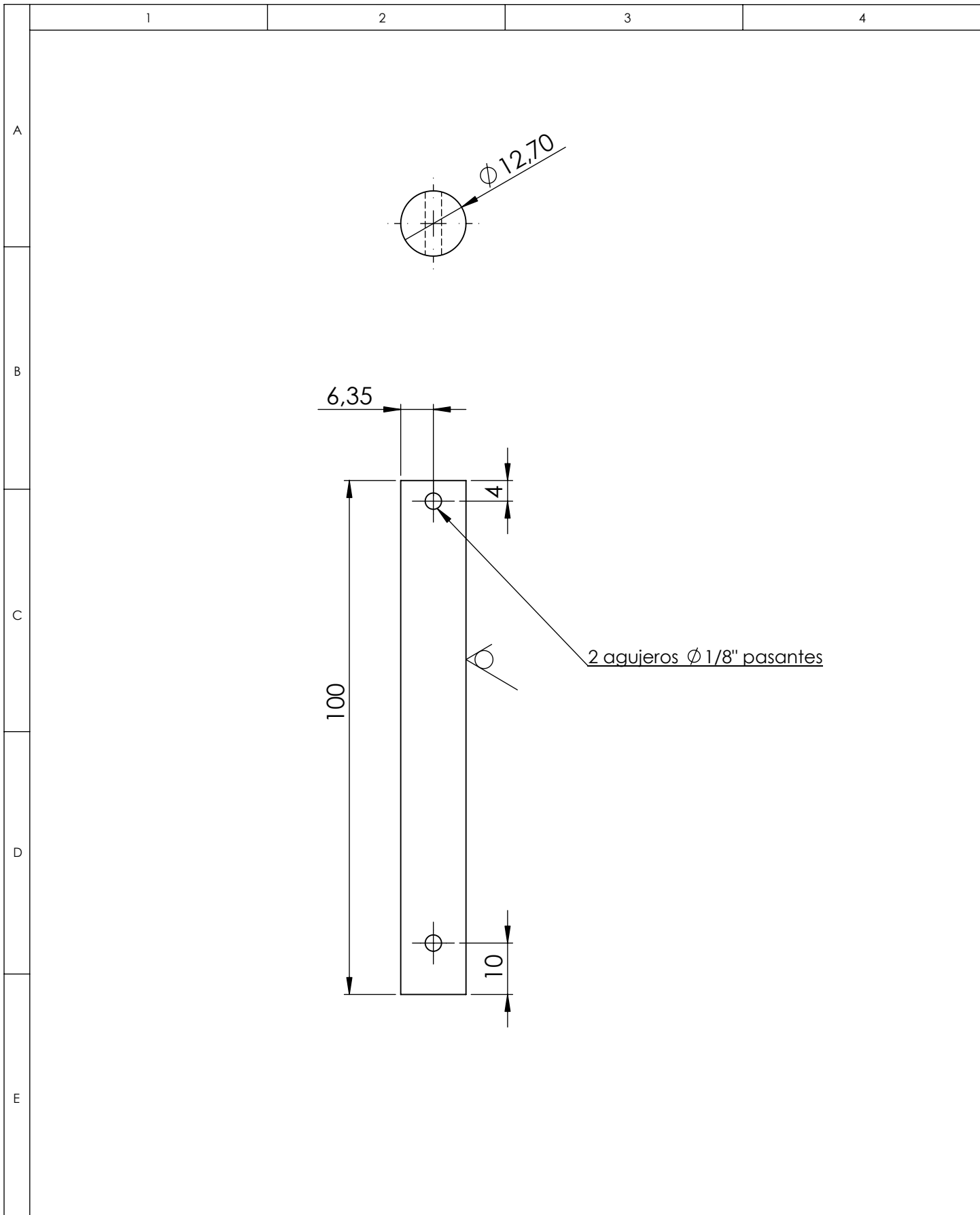
| | | | | | | | |
|--------------|-------------------|--------|---------|---------------------|------------|-------------------------------|--|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | |
| | | | | ±1 | 15.40Kg | Acero | |
| | | | | Nombre: | Fecha: | TÍTULO: | |
| | | | | Dib: Ego Saquina C | 07/10/2011 | Mecanismo Copiador - Despiece | |
| | | | | Rev: Ing Correa J. | 07/10/2011 | Escala: | |
| | | | | Apro: Ing Correa J. | 07/10/2011 | 1:5 | |
| | | | | U.T.A | | NÚMERO DE LÁMINA: | |
| | | | | Ingeniería Mecánica | | 1 DE 21 | |
| Edi- ción | Modifi- cación | Fecha: | Nombre: | | | SUSTITUCIÓN: | |

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | | |
|---------|--------------|-------------|-------------------------------|-------------------------|----------------------------|-----------------------------------|---|
| A | | | | | | | |
| | B | 20 | 1 | Soporte posterior Iz | ASTM A 36 | | |
| | | 19 | 1 | Guía posterior | ASTM A 36 | 1m VRL \varnothing 15mm | |
| | | 18 | 1 | Porta plantilla | ASTM A 36 | | |
| 17 | | 1 | Platina porta resorte | ASTM A 36 | | | |
| C | 16 | 1 | Resorte | | Comprado | | |
| | 15 | 1 | Soporte posterior D | ASTM A 36 | | | |
| | 14 | 1 | Elemento de unión | ASTM A 36 | 14cm VRL \varnothing 6mm | | |
| | 13 | 1 | Carro porta palpador | ASTM A 36 | | | |
| | 12 | 1 | Carro principal | ASTM A 36 | | | |
| | 11 | 1 | Carro porta herramienta | ASTM A 36 | | | |
| | D | 10 | 1 | Soporte frontal D | ASTM A 36 | | |
| 09 | | 1 | Tornillo transversal | SAE 1018 | | | |
| 08 | | 1 | Volante transversal | | Comprado | | |
| 07 | | 1 | Eje movido | SAE 1018 | | | |
| 06 | | 1 | Volante principal | ASTM A 36 | | | |
| 05 | | 1 | Eje impulsor | SAE 1018 | | | |
| E | 04 | 2 | Piñón | | Comprado | | |
| | 03 | 1 | Cremallera | | Comprado | | |
| | 02 | 1 | Porta cremallera guía frontal | ASTM A 36 | 1m AL 40x6 | | |
| | 01 | 1 | Soporte frontal Iz | ASTM A 36 | | | |
| | | Nº de orden | Nº de piezas | Denominación | Nº de norma o dibujo | Observaciones | |
| | | | | TOLERANCIA: ± 1 | PESO: 14.5 kg | MATERIAL: Acero | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: Lista de piezas | ESCALA: 1:1 |
| | | | | DIBUJÓ: Egdo Saquina C. | 07/10/2011 | | |
| | | | | REVISÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA: 2 DE 21 |  |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | |

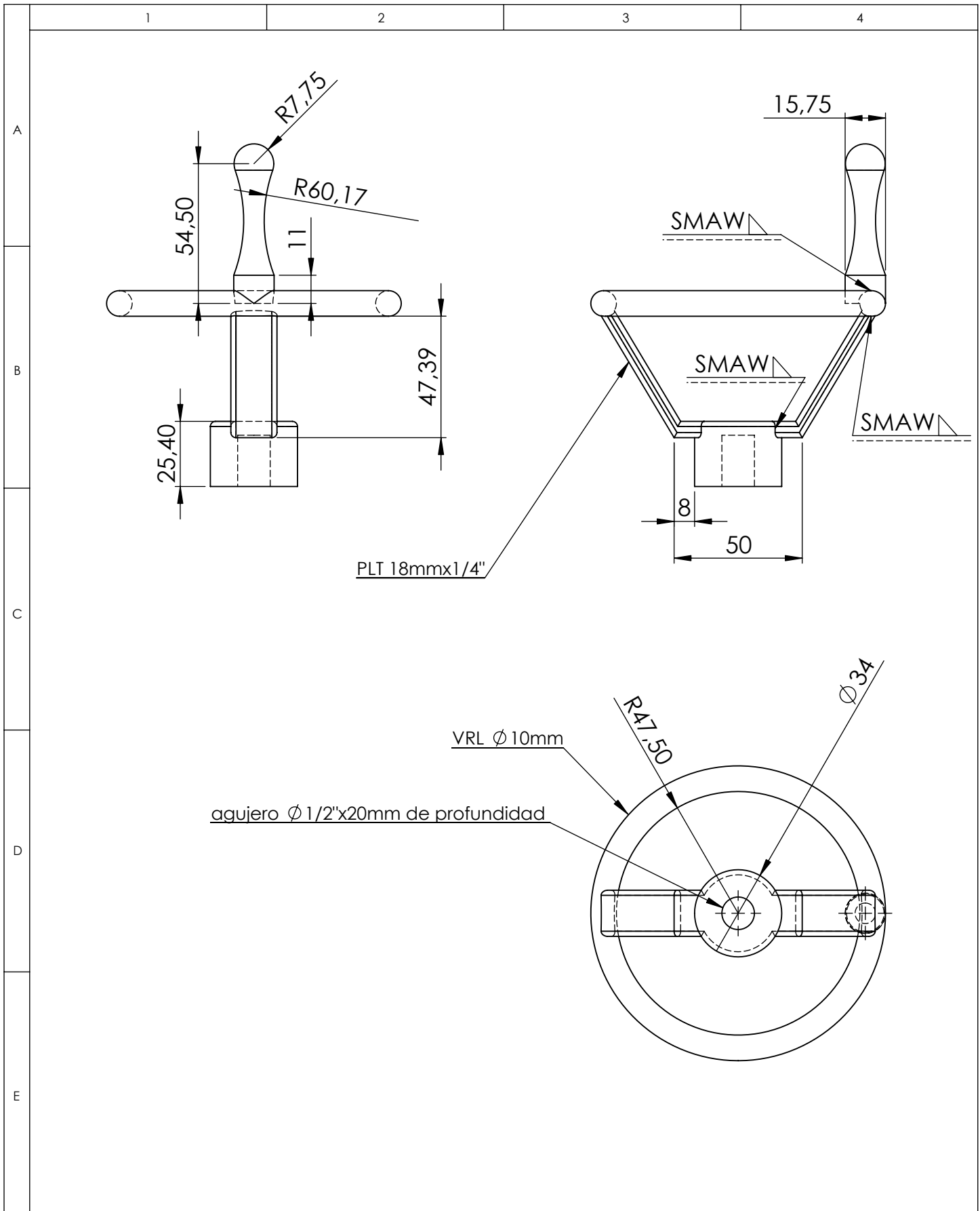


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------------|------------|--------------------|---------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | ± 1 | 0,04 | Acero ASTM A 36 | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Soporte frontal Iz | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | NÚMERO DE LÁMINA | 3 DE 21 |
| | | | | | | SUSTITUCIÓN: | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | ESCALA: |
| | | | | | | | 1:1 |
| | | | | | | | |

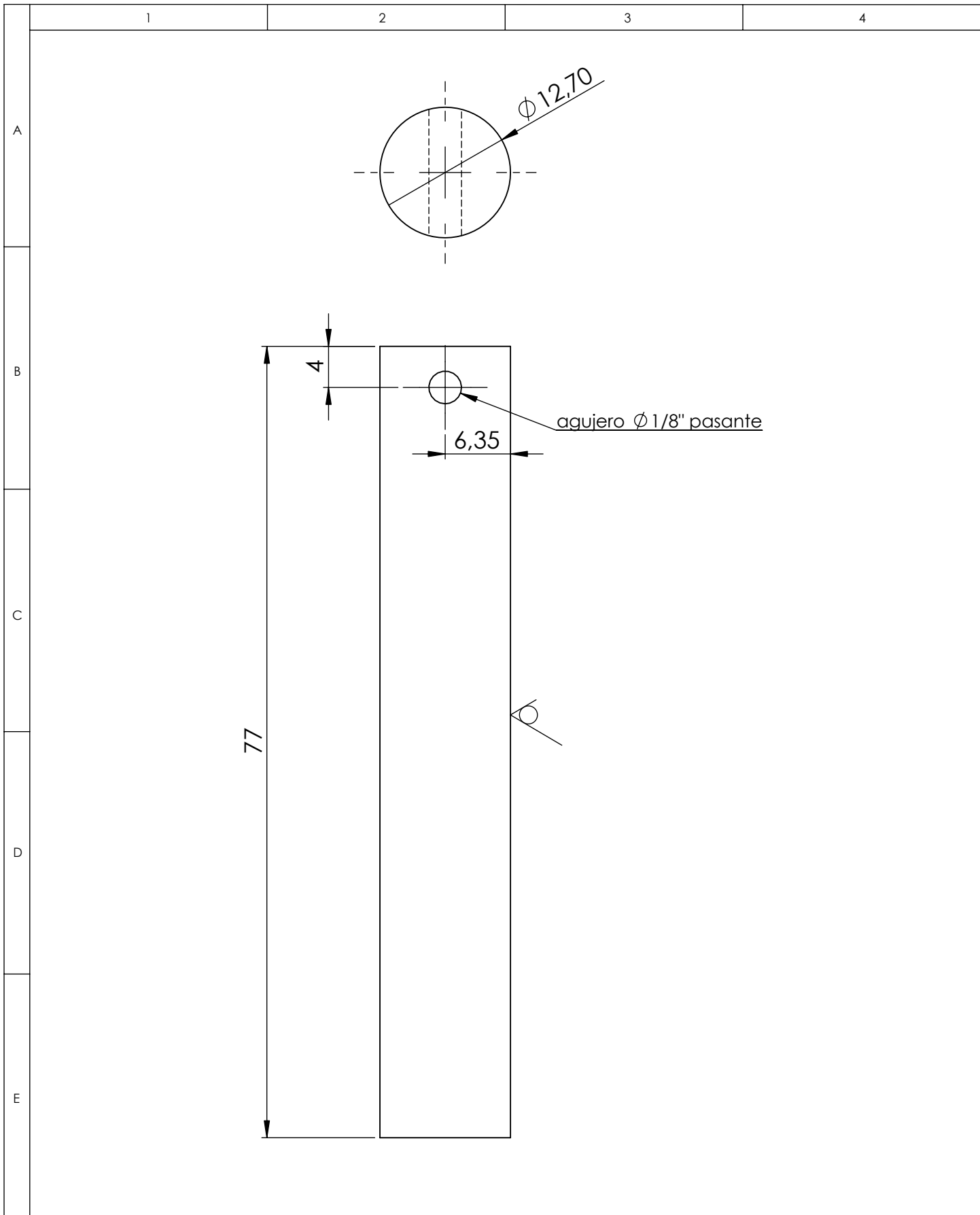
*



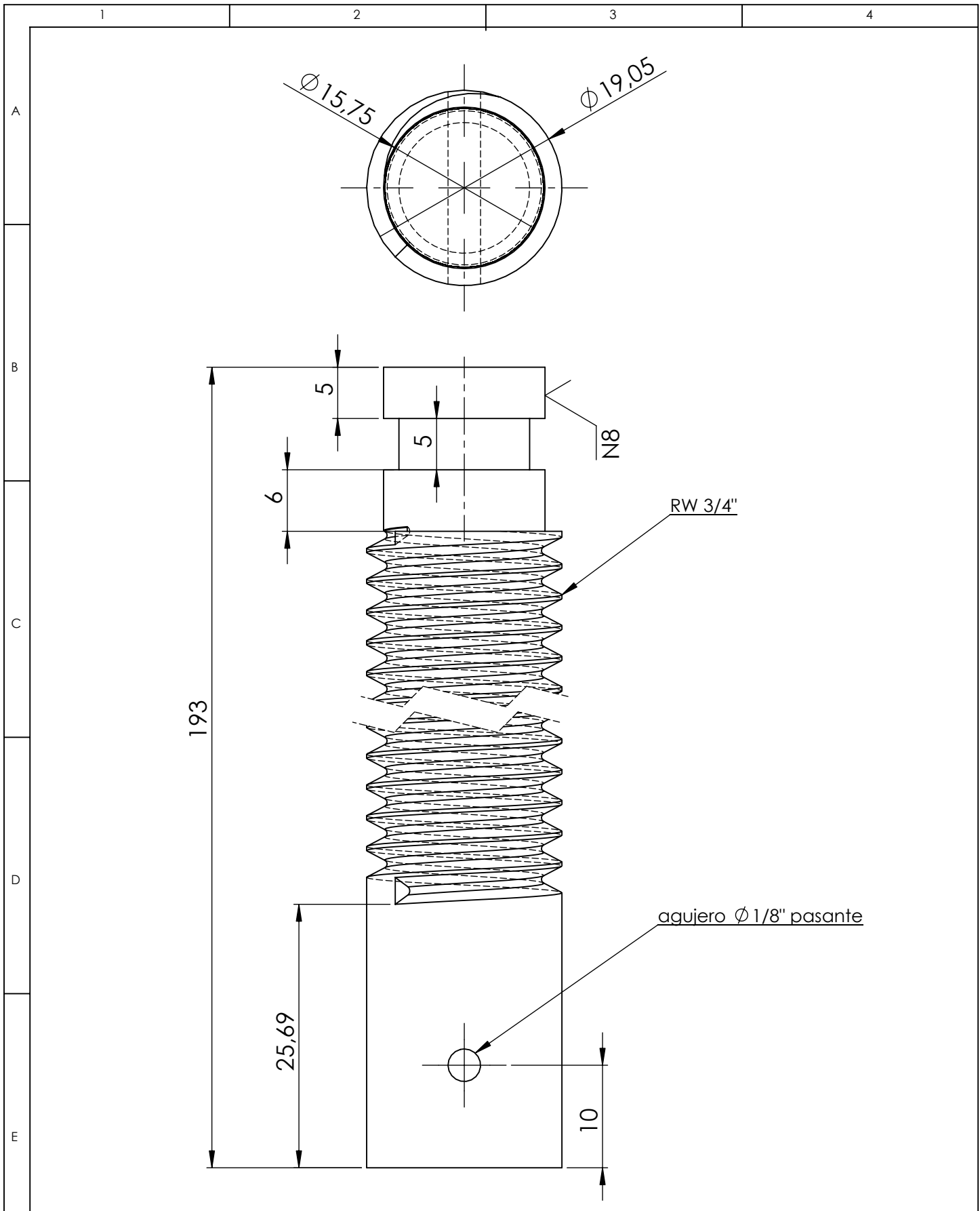
| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------|
| | | | | TOLERANCIA: ± 0,5 | PESO (gr): 98.50 | MATERIAL: Acero SAE 1018 | |
| | | | | | | TÍTULO: Eje impulsor | ESCALA: 1:1 |
| | | | | NOMBRE | FECHA | | |
| | | | | DIBUJÓ: Egdo Saquina C. | 07/10/2011 | | |
| | | | | REVISÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | NÚMERO DE LÁMINA: 4 DE 21 | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | SUSTITUCIÓN: | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|---------------------|-----------------|-------------------|-------------------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | ± 1 | 64.56 | Acero ASTM A36 | |
| | | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: |
| | | | | DIBUJÓ: | Egdo Saquina C. | 07/10/2011 | Volante principal |
| | | | | REVISÓ: | Ing Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | APROBÓ: | Ing Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA: | 5 DE 21 |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | ESCALA: | |
| | | | | | | 1:2 | |
| | | | | | | | |

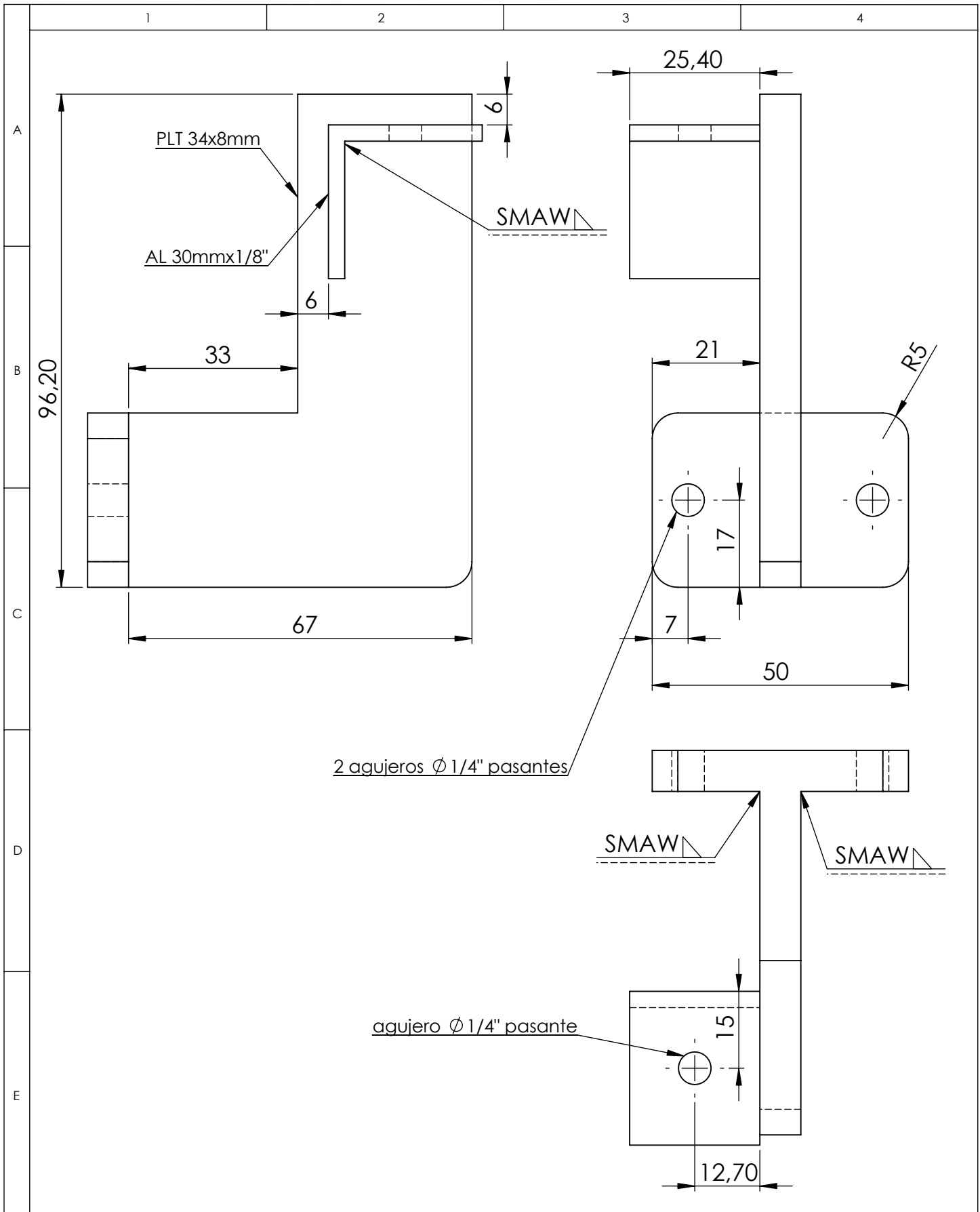


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------------|---------------------|------------------------------------|----------------|
| | | | | TOLERANCIA: ± 0,5 | PESO (gr): 76.27 | MATERIAL: Acero SAE 1018 | |
| | | | | | | TÍTULO: Eje movido | ESCALA: 2:1 |
| | | | | NOMBRE | FECHA | | |
| | | | | DIBUJÓ: Egdo Saquina C. | 07/10/2011 | | |
| | | | | REVISÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA: 6 DE 21 | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | |

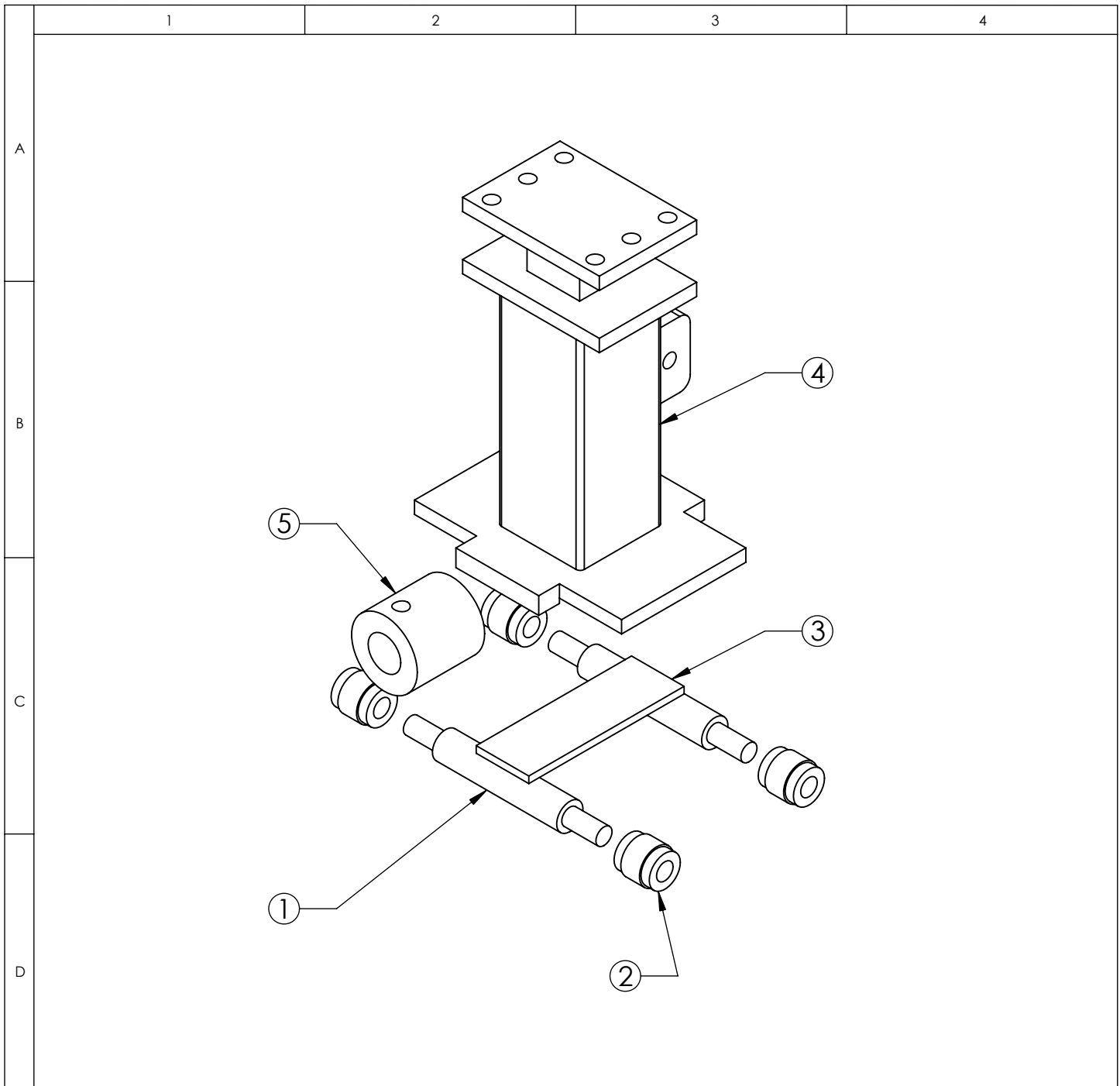


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|--------------------------|------------|----------------------|---------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | ± 0,1 | 351.48 | Acero SAE 1018 | |
| | | | | | | | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | ESCALA: |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Tornillo transversal | 2:1 |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 7 DE 21 |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | |

*

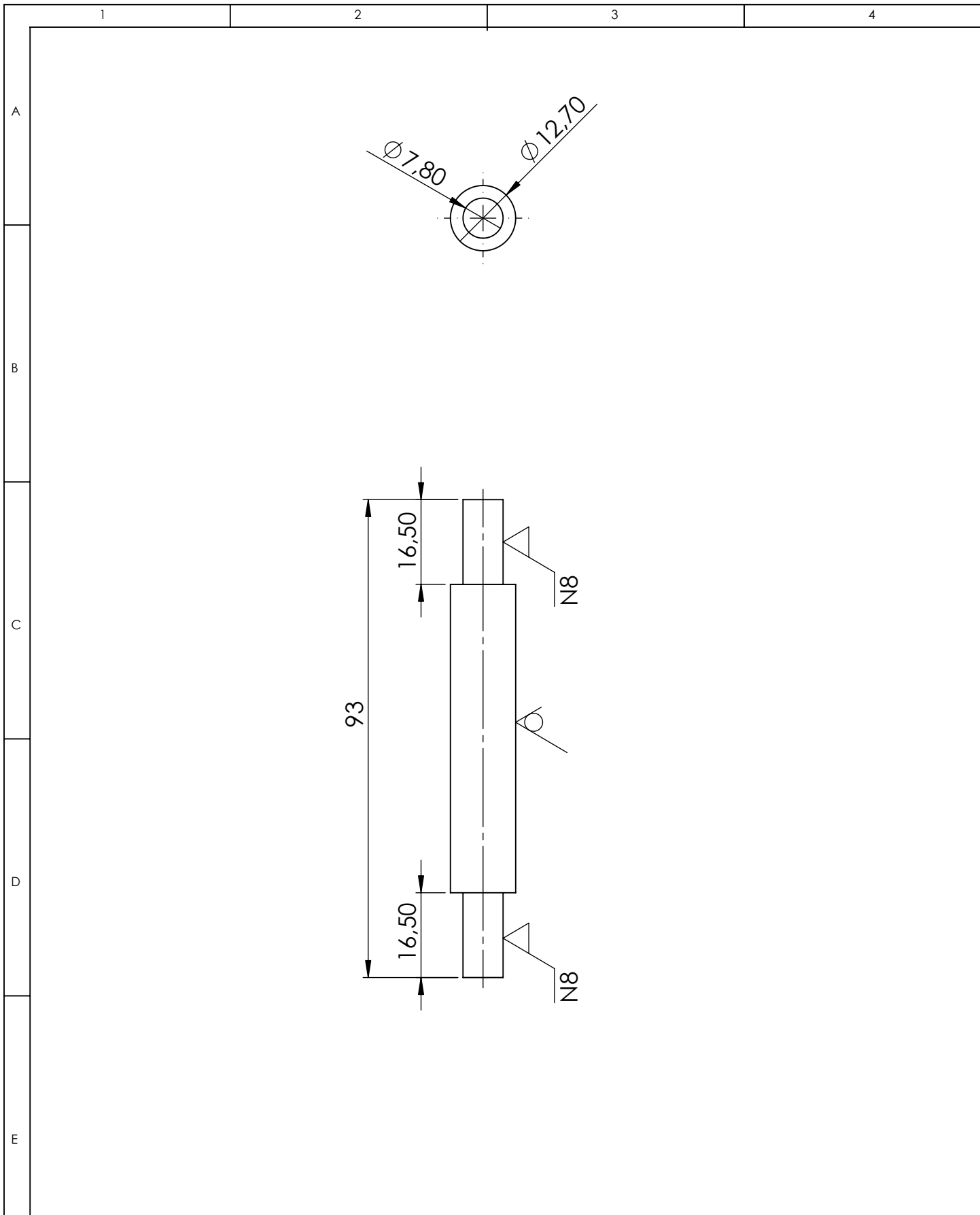


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------------|--------------------|-------------------------------------|----------------|
| | | | | TOLERANCIA: $\pm 0,1$ | PESO (gr): 0,04 | MATERIAL: Acero ASTM A36 | |
| | | | | | | TÍTULO: Soporte frontal D | ESCALA: 1:1 |
| | | | | NOMBRE | FECHA | | |
| | | | | DIBUJÓ: Egdo Saquina C. | 07/10/2011 | | |
| | | | | REVISÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBÓ: Ing Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA: 8 DE 21 | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | |



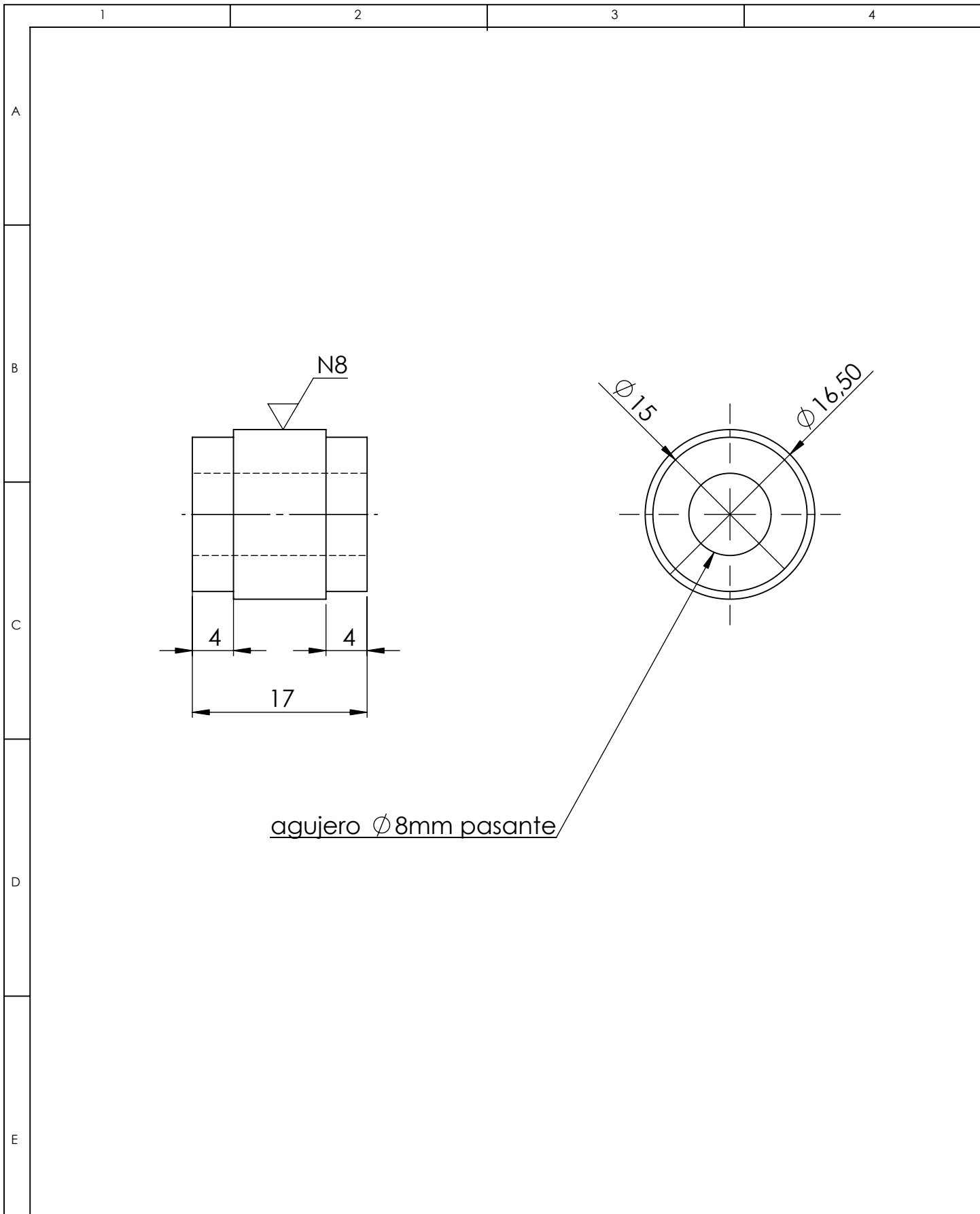
| | | | | |
|-------------|--------------|-------------------------|----------------------|-----------------|
| 05 | 1 | Manzana | SAE 1018 | |
| 04 | 1 | Torre porta herramienta | ASTM A 36 | |
| 03 | 1 | Platina de unión | ASTM A 36 | 75mm PLT 1x1/8" |
| 02 | 4 | Rueda móvil | Duralón | |
| 01 | 2 | Eje ruedas | SAE 1018 | |
| Nº de orden | Nº de piezas | Denominación | Nº de norma o dibujo | Observaciones |

| | | | | | | | |
|---------------------|--------------|-------------------------|--------|-------------------|--|----------------------------------|--|
| | | TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| | | ± 1 | | 0.51 kg | | Acero | |
| | | NOMBRE | | FECHA | | TÍTULO: | |
| | | DIBUJÓ: Egdo Saquina C. | | 07/10/2011 | | Carro porta herramienta-Despiece | |
| | | REVISÓ: Ing Correa J. | | 07/10/2011 | | ESCALA: | |
| | | APROBÓ: Ing Correa J. | | 07/10/2011 | | 1:2 | |
| | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA: | | 9 DE 21 | |
| INGENIERÍA MECÁNICA | | | | SUSTITUCIÓN: | | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | |



| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------------|------------------|------------------|------------------------------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | ± 0,1 | 72,50 | Acero SAE 1018 | |
| | | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: Eje ruedas |
| | | | | DIBUJO: | Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | |
| | | | | REVISO: | Ing. Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | APROBO: | Ing. Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | NÚMERO DE LÁMINA | 10 DE 21 |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | SUSTITUCIÓN: | |

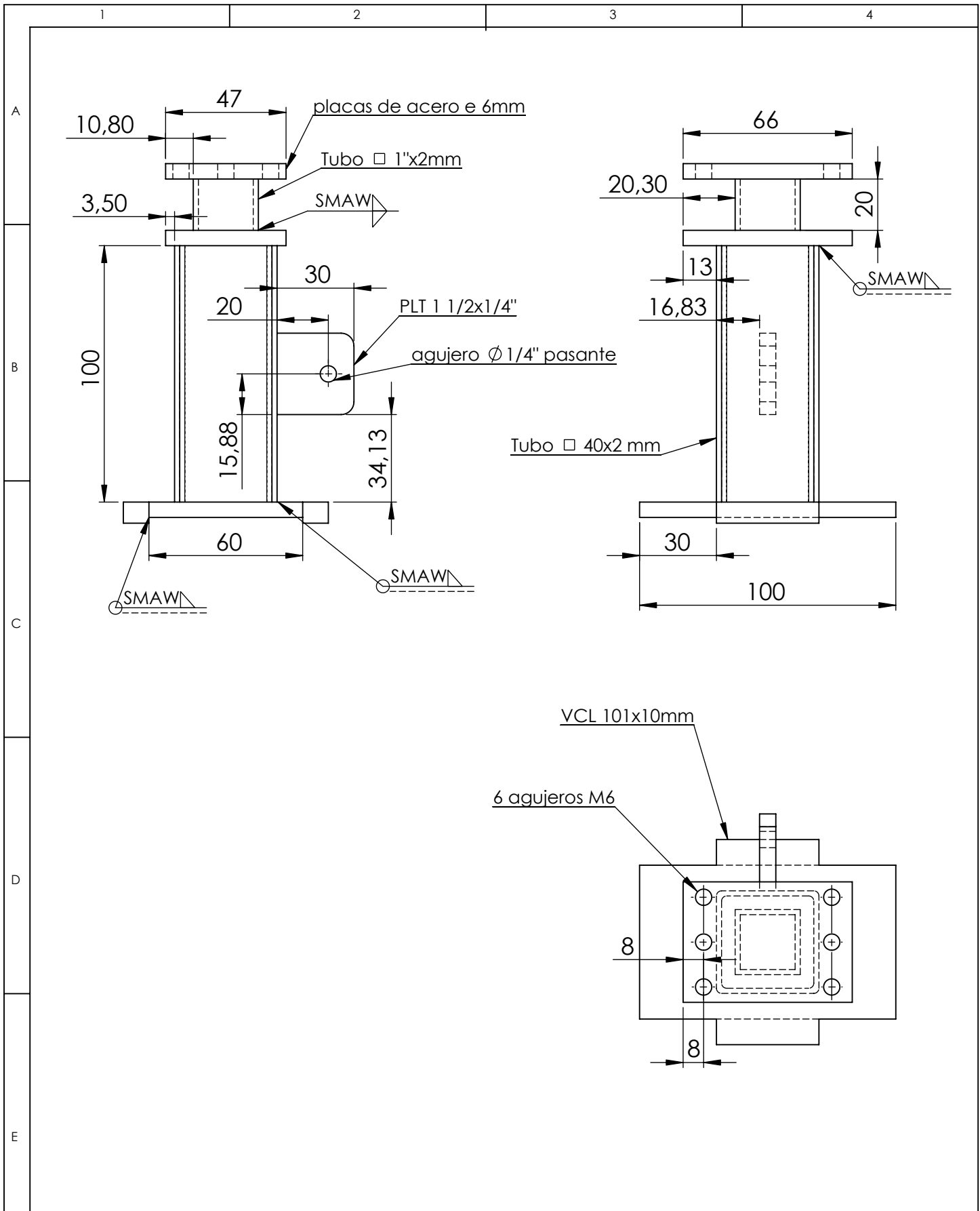
*

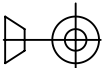


agujero \varnothing 8mm pasante

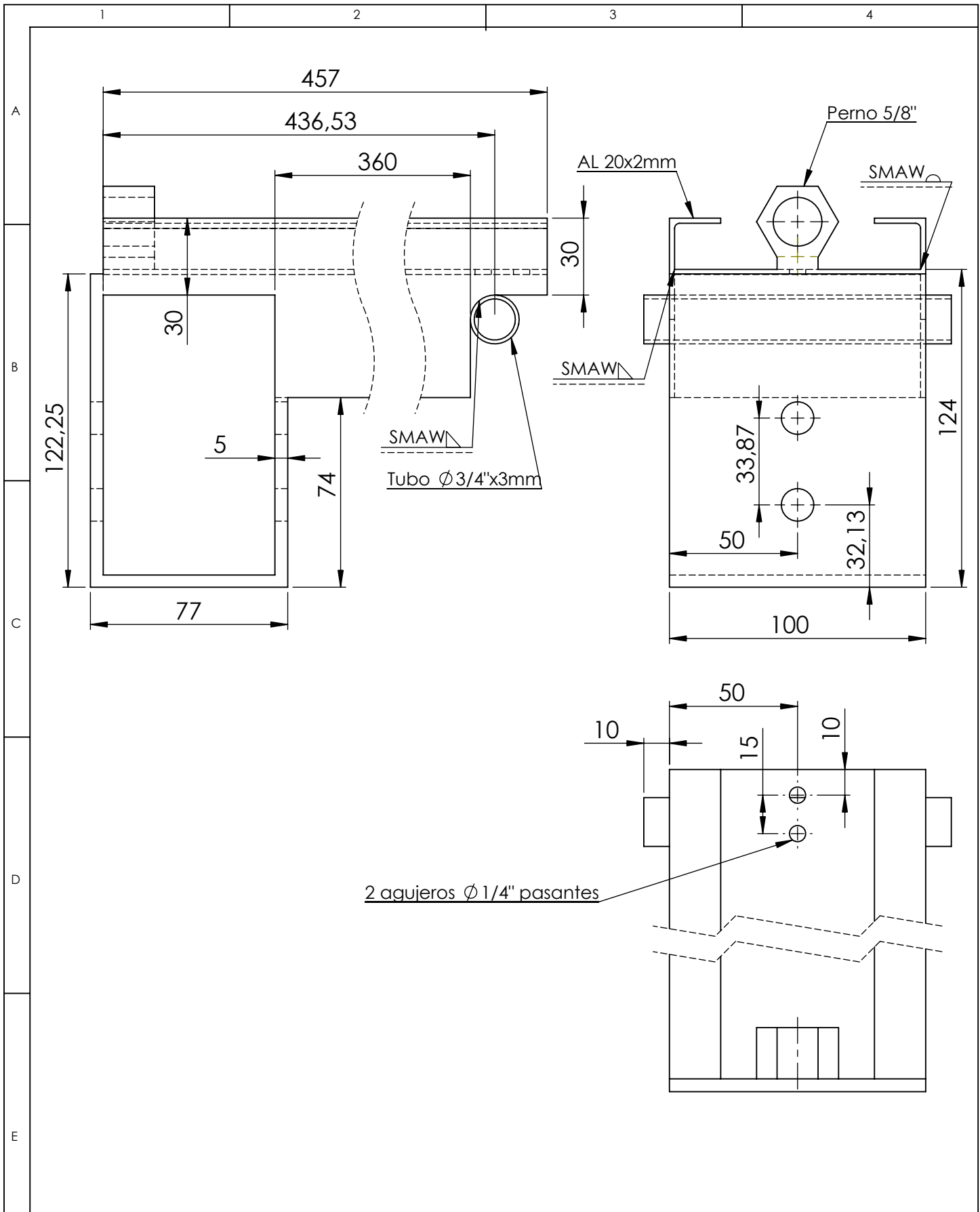
| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|--------------------------|------------|------------------|----------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | $\pm 0,1$ | 2,78 | Duralón | |
| | | | | | | TÍTULO: | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | Rueda móvil | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | ESCALA: | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | 2:1 | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 11 DE 21 |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | |

*



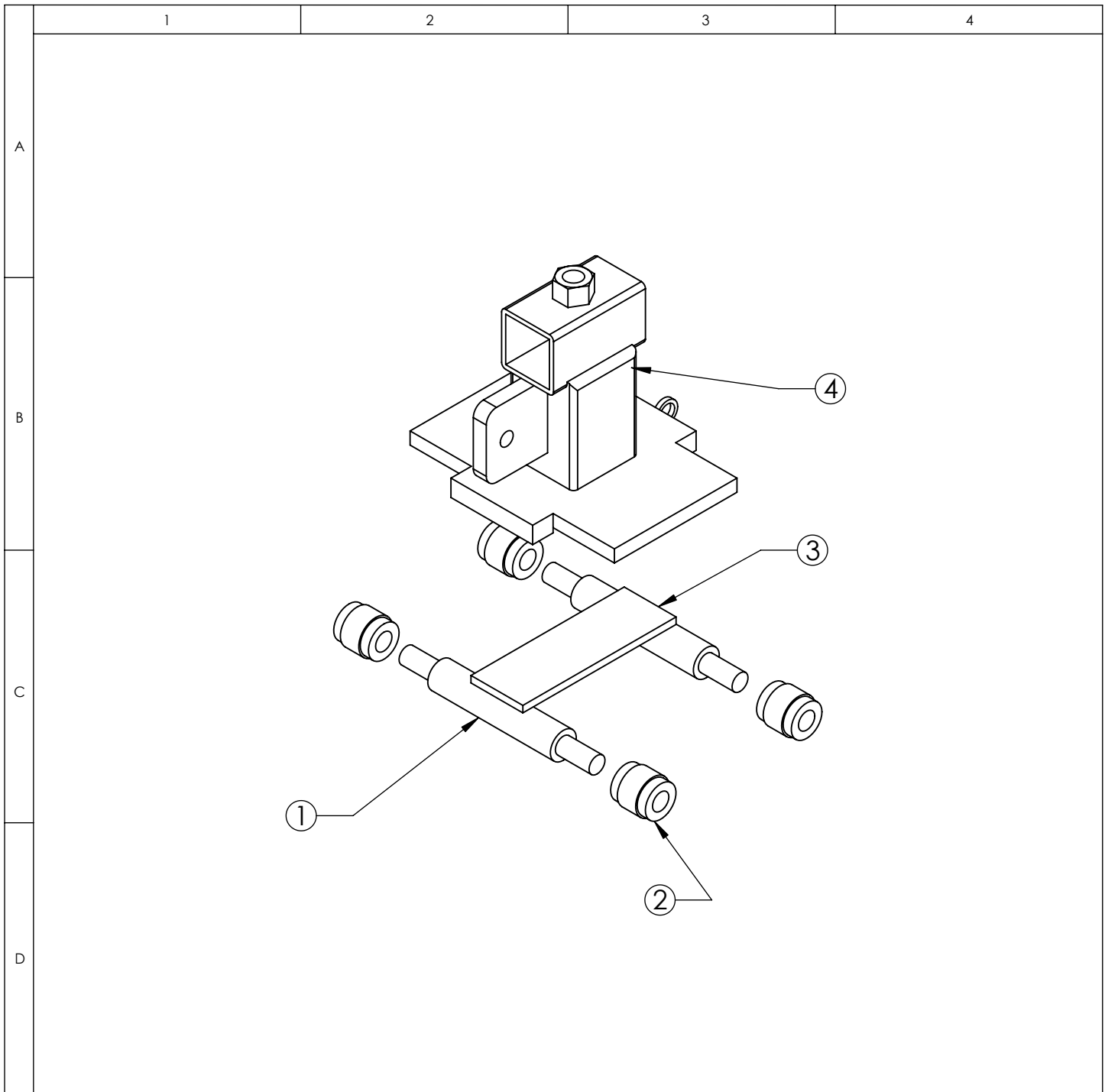
| | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|----------------------------|------------|-------------------------|----------|---|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | | |
| | | | | ± 1 | 118,59 | Acero ASTM A36 | | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | ESCALA: | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Torre porta herramienta | 1:2 | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 12 DE 21 | |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | |  |

*



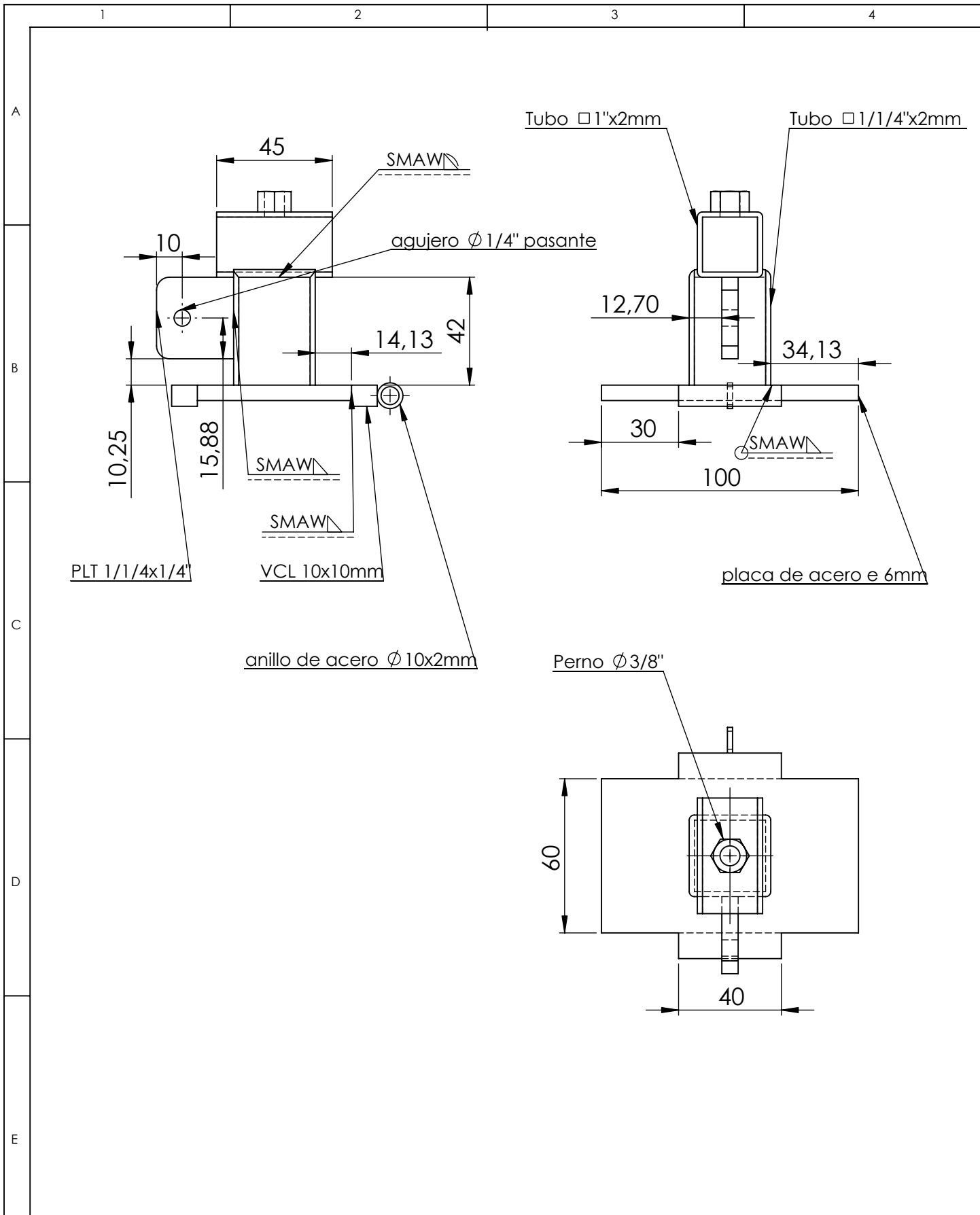
| | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|--------------------------|------------|------------------|----------|--|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | | |
| | | | | ± 1 | 380.37 | Acero ASTM A 36 | | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/08/2011 | Carro principal | | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | ESCALA: | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | 1:2 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 14 DE 21 | |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | | |

*



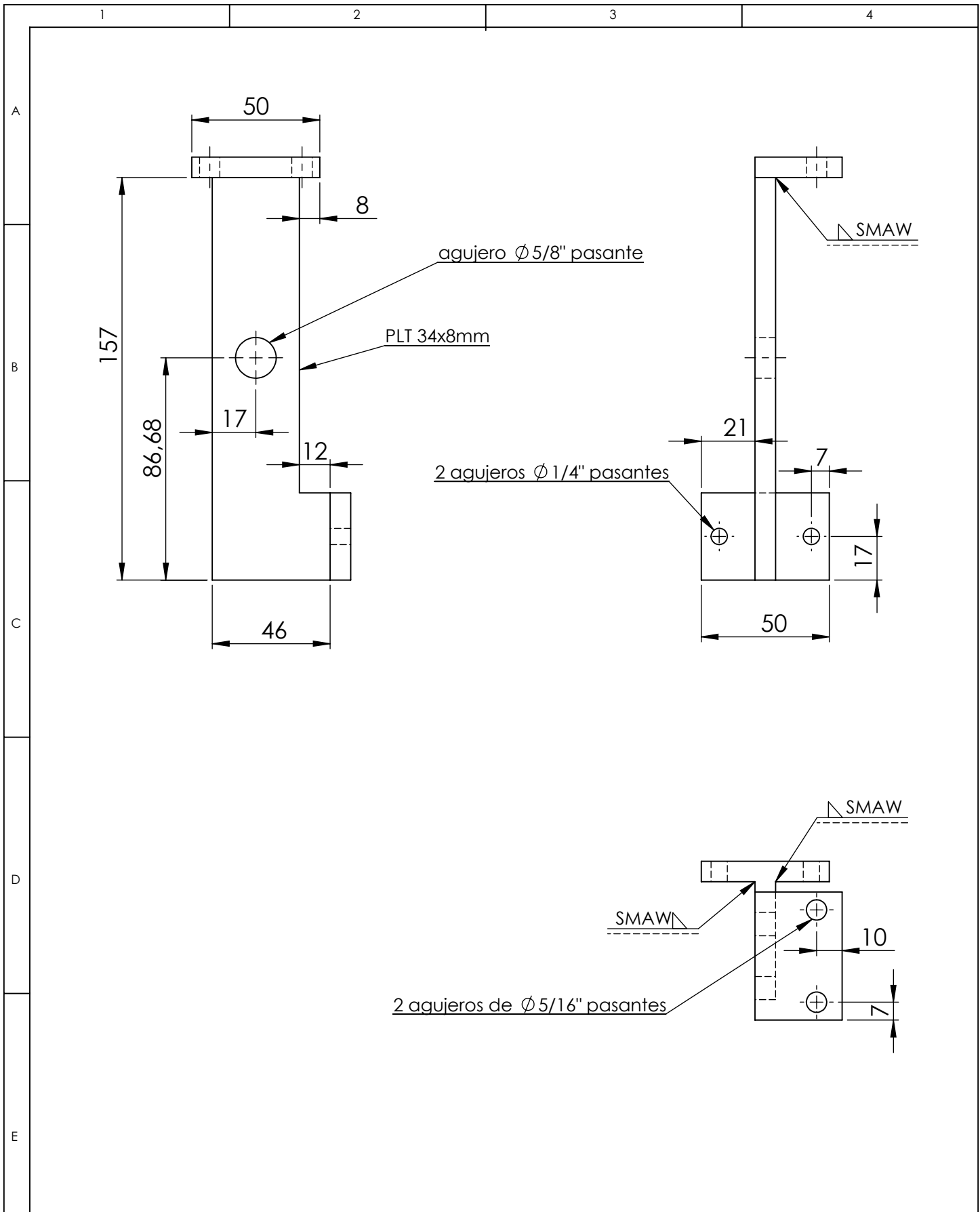
| | | | | |
|-------------|--------------|-------------------------|----------------------|-----------------|
| 04 | 1 | Torre porta herramienta | ASTM A 36 | |
| 03 | 1 | Platina de unión | ASTM A 36 | 75mm PLT 1x1/8" |
| 02 | 4 | Rueda móvil | Duralón | |
| 01 | 2 | Eje ruedas | SAE 1018 | |
| Nº de orden | Nº de piezas | Denominación | Nº de norma o dibujo | Observaciones |

| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------------------------|--------|-------------------|--|-------------------------------|--|
| | | TOLERANCIA: | | PESO: | | MATERIAL: | |
| | | ± 1 | | 0.45 kg | | Acero | |
| | | NOMBRE | | FECHA | | TÍTULO: | |
| | | DIBUJÓ: Egdo Saquina C. | | 07/10/2011 | | Carro porta palpador-Despiece | |
| | | REVISÓ: Ing Correa J. | | 07/10/2011 | | ESCALA: | |
| | | APROBÓ: Ing Correa J. | | 07/10/2011 | | 1:2 | |
| | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA: | | 15 DE 21 | |
| | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | |

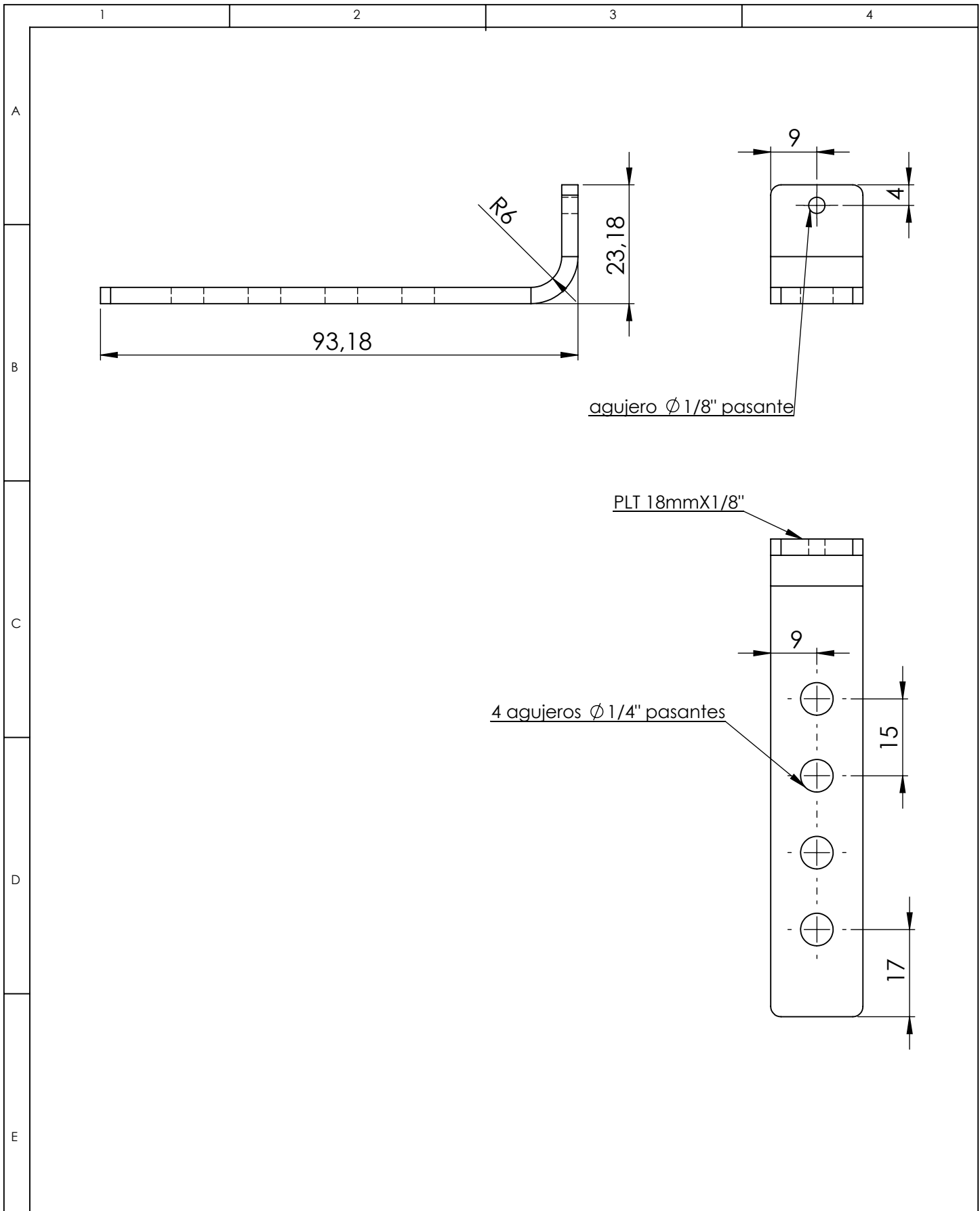


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------------|------------|----------------------|----------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | ± 1 | 67.78 | Acero ASTM A 36 | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | ESCALA: |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Torre porta palpador | 1:2 |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | NÚMERO DE LÁMINA | 16 DE 21 |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | SUSTITUCIÓN: | |

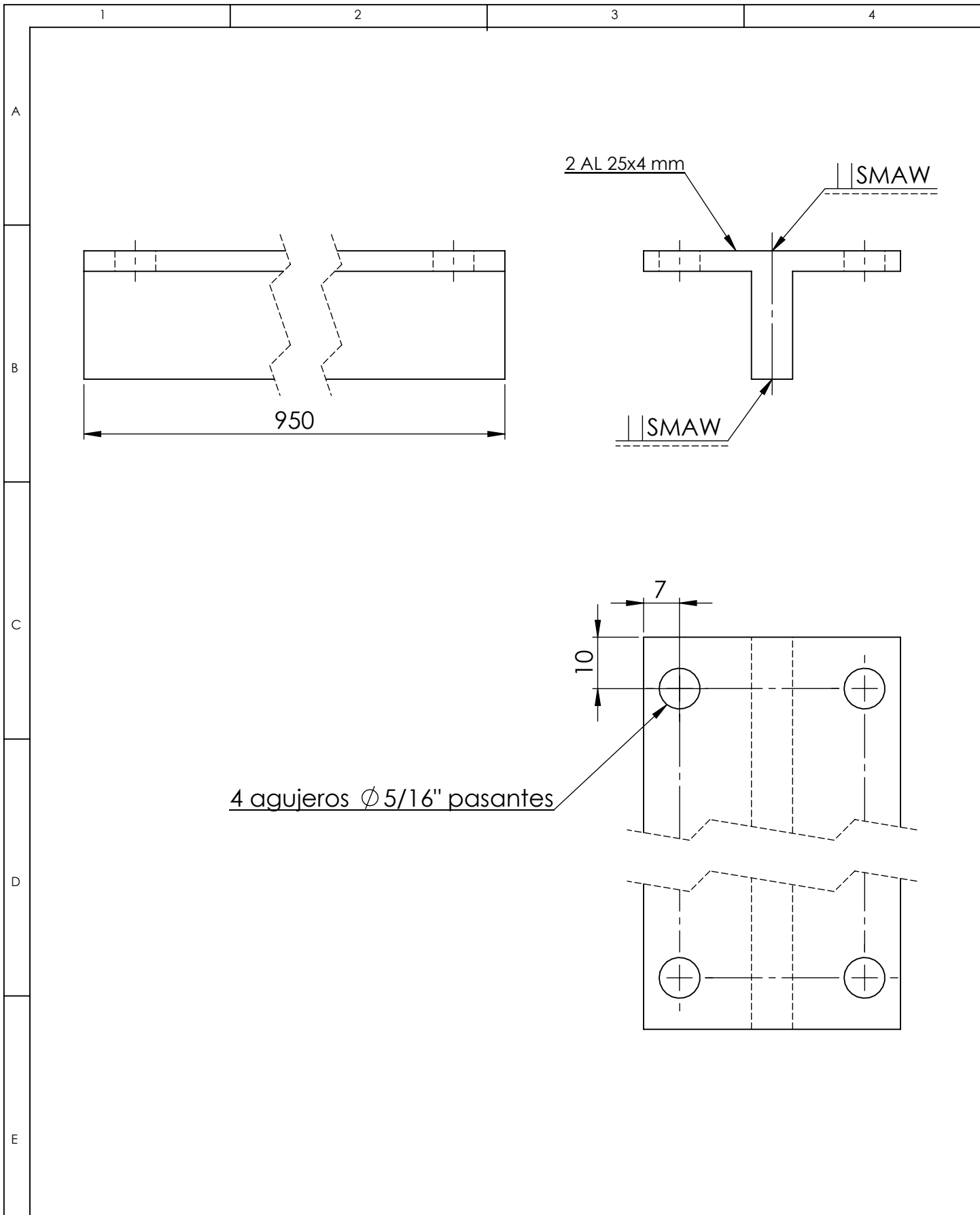
*



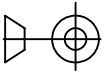
| | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|--------------------------|------------|---------------------|----------|--|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | | |
| | | | | ± 1 | 0.07 | Acero ASTM A36 | | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Soporte posterior D | | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | ESCALA: | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | 1:2 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 17 DE 21 | |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | | |

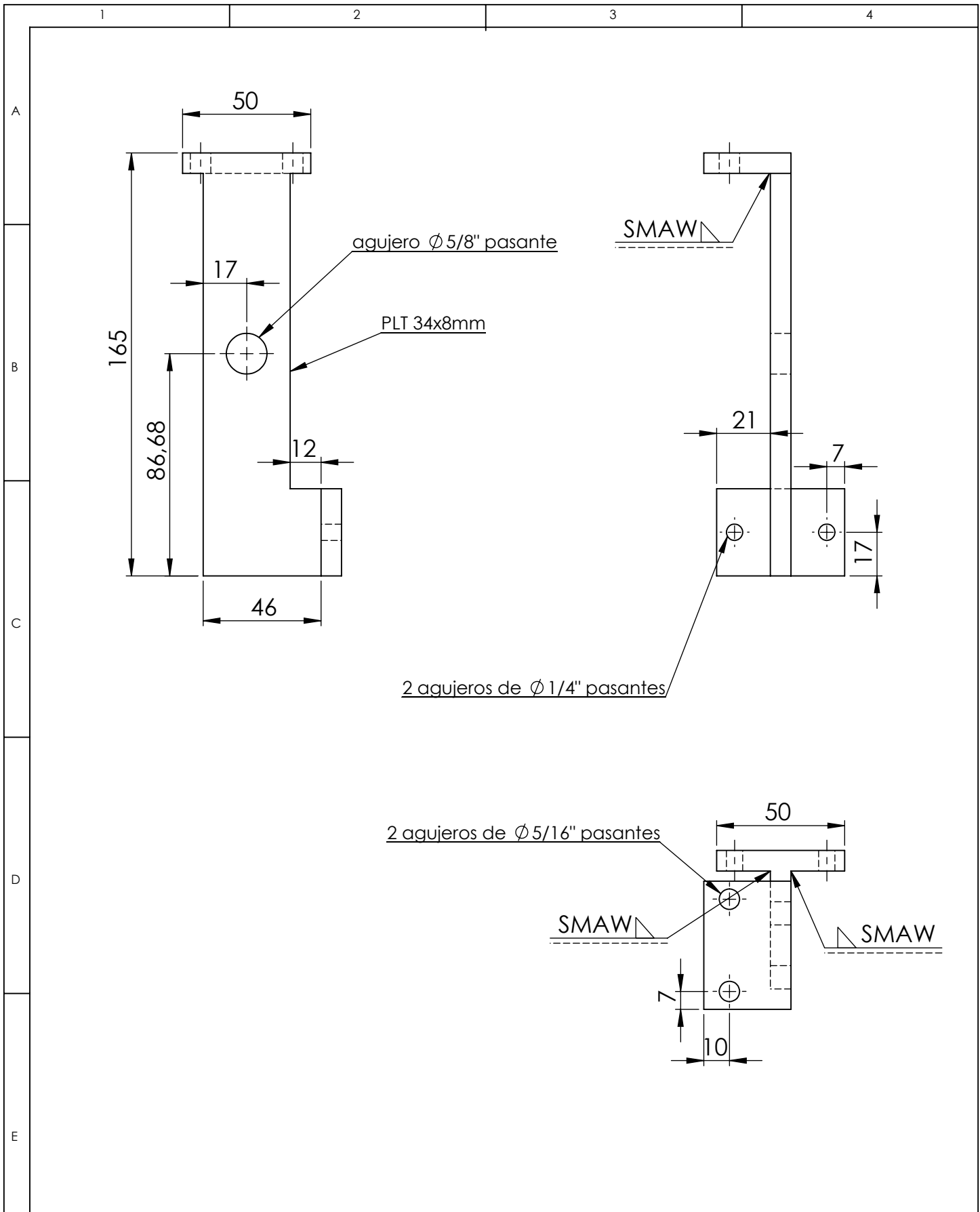


| | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|--------------------------|------------|-----------------------|----------|--|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | | |
| | | | | ± 1 | 5.84 | Acero ASTM A36 | | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Platina porta resorte | | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | ESCALA: 1:1 | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 18 DE 21 | |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | | |

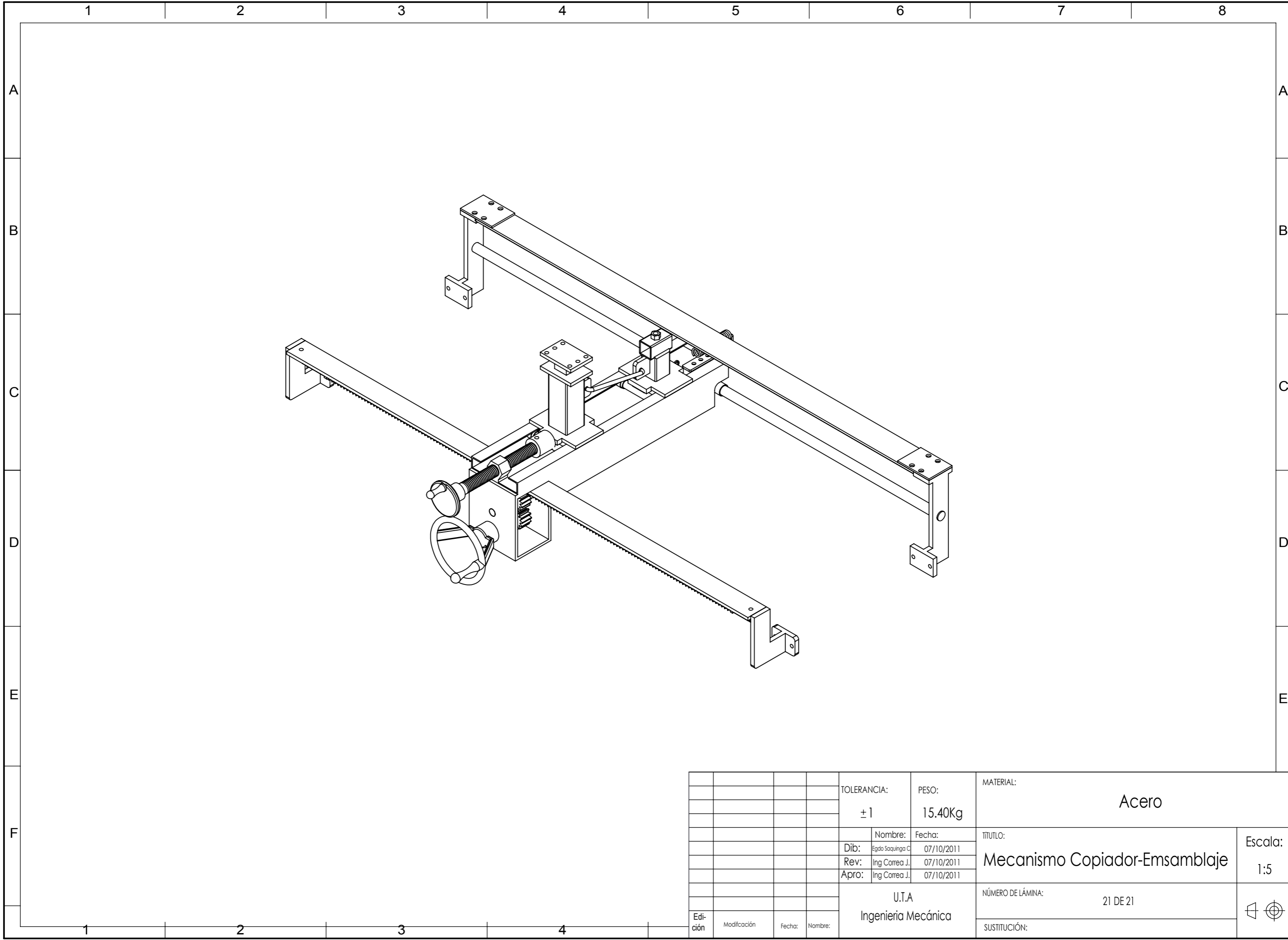


| | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | |
| | | | | $\pm 0,1$ | 348,81 | Acero ASTM A 36 | |
| | | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: |
| | | | | DIBUJO: | Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Porta plantilla |
| | | | | REVISO: | Ing. Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | APROBO: | Ing. Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | U.T.A. INGENIERÍA MECÁNICA | | NÚMERO DE LÁMINA | 19 DE 21 |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | SUSTITUCIÓN: | |
| | | | | | | | |





| | | | | | | | | |
|---------|--------------|-------|--------|--------------------------|------------|----------------------|----------|--|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO (gr): | MATERIAL: | | |
| | | | | ± 0,1 | 0,07 | Acero ASTM A 36 | | |
| | | | | NOMBRE | FECHA | TÍTULO: | | |
| | | | | DIBUJO: Egdo. Saquina C. | 07/10/2011 | Soporte posterior lz | | |
| | | | | REVISO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | ESCALA: | | |
| | | | | APROBO: Ing. Correa J. | 07/10/2011 | 1:2 | | |
| | | | | U.T.A. | | NÚMERO DE LÁMINA | 20 DE 21 | |
| | | | | INGENIERÍA MECÁNICA | | SUSTITUCIÓN: | | |
| EDICIÓN | MODIFICACIÓN | FECHA | NOMBRE | | | | | |



| | | | | | | | |
|--------------|-------------------|--------|---------|---------------------|----------------|-------------------|-------------------------------|
| | | | | TOLERANCIA: | PESO: | MATERIAL: | |
| | | | | ±1 | 15.40Kg | Acero | |
| | | | | | Nombre: | Fecha: | TÍTULO: |
| | | | | Dib: | Egdo Saquina C | 07/10/2011 | Mecanismo Copiador-Emsamblaje |
| | | | | Rev: | Ing Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | Apro: | Ing Correa J. | 07/10/2011 | |
| | | | | U.T.A | | NÚMERO DE LÁMINA: | Escala: 1:5 |
| | | | | Ingeniería Mecánica | | 21 DE 21 | |
| Edi- ción | Modifi- cación | Fecha: | Nombre: | | | SUSTITUCIÓN: | ⊕ ⊗ |