



Diseño y fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas

AUTORA: Delgado Luna, Irene

FECHA DE PRESENTACIÓN: 29 de junio de 2023

TITULACIÓN: Grado en Ingeniería de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto

PLAN: 2009

DIRECTOR: Hernán Alberto González Rojas

DEPARTAMENTO: Departamento de Ingeniería Mecánica (712)

RESUM

Els processos de tall han estat sota un constant canvi degut a la creixent necessitat de la indústria de desenvolupar productes finals amb característiques òptimes que agilitzin la seva introducció al mercat. Existeixen centenars de processos diferents per a aplicacions molt variades dels quals el tall de xapa metàl·lica forma part.

En aquest projecte, una vegada estudiat, comprès i analitzat els diferents mètodes de tall de xapa metàl·lica, es pretén fer una contribució al disseny i fabricació de mecanismes d'avanç per al tall de planxes metàl·liques amb queixals abrasius creant un disseny viable per a poder tallar planxes metàl·liques de grans dimensions en el taller de mecànica de la Universitat.

D'aquesta manera, es mostren les diferents etapes implicades, des del naixement de la idea fins a la conceptualització, així com els càlculs necessaris per a demostrar la viabilitat del disseny i els processos de fabricació implicats. Per a poder dur a terme aquesta tasca, l'autor ha fet ús de recursos de recerca, com a patents, fitxes tècniques, catàlegs i anàlisis d'antecedents per a consolidar una base sobre la qual poder treballar.

Atès que el mecanisme d'avanç per al tall de planxes metàl·liques té com a finalitat el tall de xapes de grans dimensions, perquè així estudiants i professorat de la Universitat disposin d'una eina de treball que els ofereixi poder treballar amb menys limitacions, implica conèixer l'espai de treball on anirà situat el mecanisme així com les necessitats dels usuaris.

Amb aquest punt de partida, s'apliquen eines específiques del grau de Disseny Industrial i Desenvolupament de Producte, per a així poder elaborar una proposta vàlida conceptual que satisfaci els objectius fixats en el projecte.

Paraules clau:

Mecanisme	Investigació	Necessitats	Planxa metàl·lica
Limitació	Disseny	Fabricació	Anàlisi
Càlculs	Usuaris		

RESUMEN

Los procesos de corte han estado bajo un constante cambio debido a la creciente necesidad de la industria de desarrollar productos finales con características óptimas que agilicen su introducción al mercado. Existen cientos de procesos diferentes para aplicaciones muy variadas de los cuales el corte de chapa metálica forma parte.

En este proyecto, una vez estudiado, comprendido y analizado los diferentes métodos de corte de chapa metálica, se pretende hacer una contribución al diseño y fabricación de mecanismos de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas creando un diseño viable para poder cortar planchas metálicas de grandes dimensiones en el taller de mecánica de la Universidad.

De esta manera, se muestran las diferentes etapas implicadas, desde el nacimiento de la idea hasta la conceptualización, así como los cálculos necesarios para demostrar la viabilidad del diseño como los procesos de fabricación implicados. Para poder llevar a cabo esta tarea, el autor ha hecho uso de recursos de investigación, como patentes, fichas técnicas, catálogos y análisis de antecedentes para consolidar una base sobre la cual poder trabajar.

Dado que el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas tiene como finalidad el corte de chapas de grandes dimensiones para que estudiantes y profesorado de la Universidad dispongan de una herramienta de trabajo que les ofrezca poder trabajar con menos limitaciones, esto implica conocer el espacio de trabajo dónde va a ir ubicado el mecanismo así como las necesidades de los usuarios.

Con este punto de partida, se aplican herramientas específicas del grado de Diseño Industrial y Desarrollo de Producto, para así poder elaborar una propuesta válida conceptual que satisfaga los objetivos fijados en el proyecto.

Palabras clave:

Mecanismo	Investigación	Necesidades	Plancha metálica
Limitación	Diseño	Fabricación	Análisis
Cálculos	Usuarios		

ABSTRACT

The cutting processes have been under constant change due to the growing need of the industry to develop final products with optimal characteristics that speed up their introduction to the market. There are hundreds of different processes for very varied applications of which sheet metal cutting is a part.

In this project, once the different sheet metal cutting methods have been studied, understood and analyzed, it is intended to make a contribution to the design and manufacture of feed mechanisms for cutting sheet metal with abrasive wheels, creating a viable design to be able to cut sheets. large metal parts in the mechanical workshop of the University.

In this way, the different stages involved are shown, from the birth of the idea to the conceptualization, as well as the necessary calculations to demonstrate the feasibility of the design as well as the manufacturing processes involved. In order to carry out this task, the author has made use of research resources, such as patents, technical sheets, catalogs and background analysis to consolidate a base on which to work.

Given that the advance mechanism for cutting metal plates with abrasive wheels is intended to cut large sheets so that students and faculty of the University have a work tool that offers them to work with fewer limitations, this It implies knowing the workspace where the mechanism will be located as well as the needs of the users.

With this starting point, specific tools of the degree of Industrial Design and Product Development are applied, in order to be able to elaborate a valid conceptual proposal that satisfies the objectives set in the project.

Key words:

Mechanism	Investigation	Needs	Metal plate
Limitation	Design	Manufacturing	Analysis
Calculations	Users		

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	13
1. INVESTIGACIÓN Y ANALISIS DEL PROBLEMA.....	16
1.1.INVESTIGACIÓN FASE 1.....	17
1.1.1.Identificación del problema (VIP).....	17
1.1.2.Mapa mental (Mind-Map).....	18
1.1.3.Story-Board.....	19
1.1.4.Boceto Inicial.....	20
1.1.5.Conclusiones Investigación Fase 1.....	20
1.2.INVESTIGACIÓN FASE 2.....	21
1.2.1. Procesos de corte de chapa.....	21
1.2.1.1.Corte de chapa convencionales.....	22
1.2.1.2.Corte de chapa no convencionales.....	26
1.2.2.Estudio y análisis de referentes y precedentes.....	35
1.2.3.Estudio y análisis de soluciones existentes.....	36
1.2.4.Estudio de necesidades del usuario.....	41
1.2.5.Conclusiones Investigación Fase 2.....	42
2. DESARROLLO: Metodología y Proceso.....	43
2.1.Especificaciones y requisitos de la propuesta (Briefing).....	44
2.2.Diseños conceptuales.....	45
2.3.Diseño final.....	47
3. INDUSTRIALIZACIÓN: Cálculos y fabricación.....	53
3.1.Estudio y análisis de frecuencia.....	54
3.2.Descripción del proceso de montaje.....	60
4. COMUNICACIÓN DEL PRODUCTO.....	70
4.1.Definición de la propuesta.....	71
4.2.Renders del Producto.....	73
4.3.Contextualización del Producto.....	75
5. PRESUPUESTO.....	77
5.1.Presupuesto de materiales.....	78
5.2.Presupuesto tiempo de ingeniería.....	81

5.3.Presupuesto tiempo de fabricación.....	82
5.4.Presupuesto total del proyecto.....	90
CONCLUSIONES.....	92
AGRADECIMIENTOS.....	93
BIBLIOGRAFÍA.....	94
ANEXOS.....	97

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Storyboard. Fuente: Elaboración propia.....	19
Figura 2. Boceto inicial. Fuente: Elaboración propia.....	20
Figura 3. Configuración básica del corte por guillotina. Fuente: Sistema experto de selección de procesos no convencionales para corte de chapa metálica.....	23
Figura 4. Configuración básica del corte por sierra. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	24
Figura 5. Configuración básica del corte por punzonado. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	25
Figura 6. Configuración básica del corte por cizalla. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	26
Figura 7. Configuración básica del corte por láser. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	27
Figura 8. Configuración básica del corte por plasma. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	28
Figura 9. Configuración básica del corte por chorro de agua. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	29
Figura 10. Corte por chorro de agua más abrasivo. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	30
Figura 11. Corte por chorro de agua más abrasivo. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	31
Figura 12. Corte por ultrasonido. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	32
Figura 13. Corte por ultrasonido. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	33
Figura 14. Configuración simple de oxicorte. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.....	34
Figura 15. Máquina de corte Whitworth. Fuente: Alamy.....	35
Figura 16. Máquina de corte Pearson. Fuente: Google Patents.....	35
Figura 17. Máquina de corte Brown and Shape. Fuente: Google Patents.....	35
Figura 18. Máquina de corte Cincinnati. Fuente: Google Patents.....	36

Figura 19. Mecanismo de avance con manivela Fuente: Amazon.....	37
Figura 20. Mecanismo de avance manual con palanca Fuente: Amazon.....	37
Figura 21. Cizalla hidráulica. Fuente: Direct Industry.....	38
Figura 22. Mecanismo de avance con láser. Fuente: Freepik.....	41
Figura 23. Boceto 1. Fuente: elaboración propia.....	45
Figura 24. Boceto 2. Fuente: elaboración propia.....	46
Figura 25. Boceto 3. Fuente: elaboración propia.....	46
Figura 26. Boceto 4. Fuente: elaboración propia.....	47
Figura 27. Estructura soldada del mecanismo. Fuente: elaboración propia.....	48
Figura 28. Estructura carro Fuente: elaboración propia.....	49
Figura 29. Sistema de fijación de la amoladora al carro. Fuente: elaboración propia.....	49
Figura 30. Sistema de anclaje de la amoladora. Fuente: elaboración propia.....	50
Figura 31. Lateral izquierdo. Fuente: elaboración propia.....	50
Figura 32. Lateral derecho. Fuente: elaboración propia.....	50
Figura 33. Anclaje varilla-carro. Fuente: elaboración propia.....	51
Figura 34. Fijación varilla roscada. Fuente: elaboración propia.....	51
Figura 35. Vista isométrica trasera del conjunto. Fuente: elaboración propia.....	51
Figura 36. Vista isométrica delantera del conjunto. Fuente: elaboración propia.....	51
Figura 37. Dimensionado del producto final. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 38. Maqueta a tamaño real del mecanismo diseñado. Fuente: elaboración propia.....	52
Figura 39. Vista en el SolidWorks para el estudio de frecuencia de la barra central. Fuente: elaboración propia SolidWorks.....	55
Figura 40. Vista en el SolidWorks en la aplicación del material para la simulación Fuente: elaboración propia SolidWorks.....	56
Figura 41. Vista en el SolidWorks de los puntos fijos de la barra metálica para el estudio de frecuencias. Fuente: elaboración propia SolidWorks.....	56
Figura 42. Vista isométrica del modo 1 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....	57
Figura 43. Plano X—Z del modo 1 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....	57
Figura 44. Vista isométrica del modo 2 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....	57

Figura 45. Plano Y—Z del modo 2 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....57

Figura 46. Vista isométrica del modo 3 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....57

Figura 47. Plano X—Z del modo 3 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....57

Figura 48. Vista isométrica del modo 4 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....58

Figura 49. Plano Y—Z del modo 4 de frecuencia de la barra. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....58

Figura 50. sección cuadrada de la barra. Fuente: elaboración propia.....58

Figura 51. Luz entre apoyos de la barra central. Fuente: elaboración propia.....59

Figura 52. Vista isométrica del mecanismo de avance y la dirección de las fuerzas a las que se ve sometida la barra central. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....59

Figura 53. Vista detallada de la fuerza en dirección del eje Y. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....60

Figura 54. De izquierda a derecha (llave Allen, llave inglesa del 7, del 13 y del 17 y, llave inglesa ajustable . Fuente: elaboración propia.....60

Figura 55. Montaje varilla roscada. Fuente: elaboración propia.....61

Figura 56. Vista frontal conjunto varilla-tuerca-rodamiento. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.....61

Figura 57. Vista lateral conjunto varilla-tuerca-rodamiento-barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.....62

Figura 58. Vista frontal conjunto varilla-tuerca-rodamiento-barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.....62

Figura 59. Vista isométrica conjunto varilla-tuerca-rodamiento-barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.....62

Figura 60. Vista isométrica conjunto carro-barra central. Fuente: elaboración propia.....63

Figura 61. Unión mediante soldadura de la placa delantera soporte amoladora y las orejas soporte amoladora. Fuente: elaboración propia.....63

Figura 62. Unión mediante soldadura de la placa delantera soporte amoladora y las orejas soporte amoladora. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.....63

Figura 63. Vista frontal de las barras soldadas. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.....	63
Figura 64. Vista lateral de las barras soldadas. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.....	63
Figura 65. Vista isométrica de las barras soldadas. Fuente: elaboración propia.....	64
Figura 66. Distancia entre barras estructura base. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.....	64
Figura 67. Vista isométrica de la estructura soldada. Fuente: elaboración propia.....	64
Figura 68. Detalle chapa soldada a la estructura. Fuente: elaboración propia.....	65
Figura 69. Detalle varilla roscada con soporte mecanismo transmisor. Fuente: elaboración propia.....	65
Figura 70. Detalle fijación barra central a la estructura. Fuente: elaboración propia.....	66
Figura 71. Detalle fijación varilla central al carro. Fuente: elaboración propia.....	66
Figura 72. Detalle fijación varilla central a las chapas soldadas. Fuente: elaboración propia.....	66
Figura 73. Vista isométrica del conjunto. Fuente: elaboración propia.....	67
Figura 74. Vista isométrica del explosionado para el montaje del sistema de agarre de la amoladora. Fuente: elaboración propia.....	68
Figura 75. Vista isométrica de la parte encuadrada azul de la figura 74. Fuente: elaboración propia.....	68
Figura 76. Vista isométrica de la parte encuadrada naranja de la figura 74. Fuente: elaboración propia.....	68
Figura 77. Unión del motor a la varilla roscada. Fuente: elaboración propia.....	69
Figura 78. Vista isométrica del mecanismo montado. Fuente: elaboración propia.....	69
Figura 79. Vista isométrica del mecanismo. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....	71
Figura 80. Vista trasera del mecanismo. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....	71
Figura 81. Vista de detalle de la amoladora. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.....	72
Figura 82. Vista de detalle del motor. Fuente: elaboración propia.....	72
Figura 83. Vista isométrica del mecanismo. Fuente: elaboración propia.....	73
Figura 84. Vista de detalle del carro. Fuente: elaboración propia.....	73
Figura 85. Vista lateral derecho. Fuente: elaboración propia.....	74
Figura 86. Vista lateral izquierdo. Fuente: elaboración propia.....	74
Figura 87. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad. Fuente: elaboración propia.....	75
Figura 88. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad. Fuente: elaboración propia.....	75

Figura 89. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad.
Fuente: elaboración propia.....76

Figura 90. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad.
Fuente: elaboración propia.....76

Figura 91. Estructura soldada del mecanismo. Fuente: elaboración propia.....89

Figura 92. Representación gráfica del presupuesto total del proyecto. Fuente: elaboración propia.....91

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procesos de corte no convencionales. Fuente: Elaboración propia.....	22
Tabla 2. Fortalezas y debilidades del boceto 1. Fuente: elaboración propia.....	45
Tabla 3. Fortalezas y debilidades del boceto 2. Fuente: elaboración propia.....	46
Tabla 4. Fortalezas y debilidades del boceto 3. Fuente: elaboración propia.....	46
Tabla 5. Fortalezas y debilidades del boceto 4. Fuente: elaboración propia.....	47
Tabla 6. Costes del material para la elaboración del prototipo. Fuente: elaboración propia.....	78
Tabla 7. Costes del material para la elaboración del mecanismo final. Fuente: elaboración propia.....	79
Tabla 8. Costes de piezas normalizadas. Fuente: elaboración propia.....	80
Tabla 9. Sueldo ingeniero/a junior. Fuente: elaboración propia.....	81
Tabla 10. Costes de ingeniería. Fuente: elaboración propia.....	82
Tabla 11. Costes de piezas normalizadas. Fuente: elaboración propia.....	83
Tabla 12. Costes de fabricación de la barra estructura base. Fuente: elaboración propia.....	84
Tabla 13. Costes de fabricación de la barra estructura superior. Fuente: elaboración propia.....	84
Tabla 14. Costes de fabricación de la barra estructura base lateral. Fuente: elaboración propia....	85
Tabla 15. Costes de fabricación de la barra central. Fuente: elaboración propia.....	85
Tabla 16. Costes de fabricación de la barra arco superior. Fuente: elaboración propia.....	86
Tabla 17. Costes de fabricación de la barra arco lateral. Fuente: elaboración propia.....	86
Tabla 18. Costes de fabricación de la barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.....	87
Tabla 19. Costes de fabricación de la plancha trasera soporte amoladora. Fuente: elaboración propia.....	87
Tabla 20. Costes de fabricación de la varilla roscada central. Fuente: elaboración propia.....	88
Tabla 21. Costes de fabricación de la plancha delantera soporte amoladora. Fuente: elaboración propia.....	88
Tabla 22. Costes de fabricación de la varilla roscada amoladora. Fuente: elaboración propia.....	89

Introducción

En el ámbito industrial, el diseño y la fabricación de mecanismos eficientes para el corte de planchas metálicas representan un desafío constante. Estas herramientas son indispensables en diversas industrias, como la automotriz, la aeroespacial y la construcción, donde la precisión y la productividad son cruciales.

En este proyecto está centrado en la realización del diseño y fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas para el taller de mecánica de la EPSEVG. El objetivo principal de esta investigación es el estudio del proceso necesario para llevar a cabo un diseño y construcción de un producto desde el punto de vista de un diseñador industrial. Desde el estudio de antecedentes y referentes, así como necesidades del usuario, pasando por el estudio de fuerzas y materiales, hasta el modelado 3D del mecanismo, haciendo uso de la fabricación aditiva para su prototipado. Más concretamente:

- Detectar y identificar los requisitos que necesita el mecanismo de avance para desarrollarse sin dificultades, atendiendo a las condiciones inicialmente establecidas.
- Estudiar los antecedentes y referentes que encontramos hoy en día.
- Implementar método empírico del diseño, a través de la impresión 3D, con tal de poder ofrecer las máximas mejoras y un diseño lo más óptimo posible.
- Aplicar las diferentes etapas que comporta un proceso, desde que nace como idea hasta que llega a una propuesta final de diseño como concepto.
- Propuesta final sea sólida y firme, mediante conocimientos que la sustenten así como teniendo presente los requisitos que condicionan el diseño.

En cuanto a las diferentes fases de diseño de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas, el proyecto se limita al estudio del diseño y prototipado de este. Es decir, desde la elaboración del diseño mediante un software de diseño CAD 3D, en este caso, *SolidWorks*, hasta el prototipado en impresión 3D.

MOTIVACIÓN

El hecho de poder formar parte del proceso de creación de una herramienta de corte de planchas metálicas, la cual, está pensada para hacerse uso dentro de las instalaciones de la Universidad, ha

sido el punto clave que me decidiese a realizar este proyecto. Además, como ingeniera de diseño industrial y mecánica, esta oportunidad hace posible que pueda encargarme de la parte de diseño y poder empezar a poner en práctica todo el proceso necesario para el diseño y fabricación de un producto, en este caso un mecanismo corte y así, poder implementar los conocimientos adquiridos durante mis años de estudio y enriquecerlos.

METODOLOGÍA

En este proyecto hará falta aplicar una metodología relacionada con el diseño de producto y prototipado, en específico, aplicada a los mecanismos de avance para el corte de chapa metálica con muelas abrasivas, que permita entender y actuar en base a las necesidades del usuario, así como las especificaciones del diseño. Se hará uso de una serie recursos sobre el estudio de datos relacionados con el diseño de producto, así como programas informáticos tanto para el diseño de producto, *SolidWorks*, como para el proceso de prototipado mediante la fabricación aditiva con impresión 3D. A parte, se hizo uso de la maquinaria y material disponible en las instalaciones de la universidad para la elaboración real del prototipo a escala del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas.

ESTRUCTURA

En esta sección se presenta una breve descripción del contenido de los diferentes capítulos que conforman este proyecto.

Capítulo 1: Investigación y análisis del problema

Este capítulo se divide en dos fases de investigación. En la primera fase permite una primera aproximación al proyecto que se quiere desarrollar, mediante el uso de herramientas de diseño como son el *Storyboard* y el *Mind map*. En la segunda fase, se hace un estudio de referentes y precedentes de mecanismos de corte de chapa metálica, se presenta una amplia descripción de los procesos corte existentes (convencionales y no convencionales), y se exponen la necesidades que puede tener un usuario que vaya a hacer uso este producto.

Capítulo 2: Desarrollo: metodología y procesos

En este capítulo, se encuentra todo el desarrollo de diseño del mecanismo, desde el Briefing dónde se exponen las especificaciones y requisitos de la propuesta, mostrando varias

propuestas de diseño, hasta llegar al resultado final del diseño del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas.

Capítulo 3: Industrialización: cálculos y fabricación

En este capítulo, en primer lugar, se muestra el estudio de frecuencias a las que se ve sometida la barra central del mecanismo de corte. Con este estudio se pretende averiguar qué condiciones son las más óptimas para trabajar y así conseguir los mejores resultados. Por otro lado, se presenta que métodos de fabricación deben ser empleados para el desarrollo del mecanismo, así como el proceso de fabricación del prototipo realizado. En último lugar se desarrolla el pliegue de condiciones donde se presenta los diferentes aspectos que se deben considerar para el diseño y fabricación del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas.

Capítulo 4: Comunicación del producto

En este capítulo del trabajo se presenta el diseño final del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas. Este se muestra en diferentes vistas, así como contextualizado en el lugar donde se situará el mecanismo final.

Capítulo 5: Presupuesto del proyecto

En este apartado se encuentra el presupuesto necesario para llevar a cabo el proyecto, desde la compra de materiales necesarios hasta las horas dedicadas para su elaboración, tanto en fabricación como en ingeniería.

1.

INVESTIGACIÓN Y ANÁLISIS DEL PROBLEMA

1.1 INVESTIGACIÓN FASE 1

1.1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA (VIP)

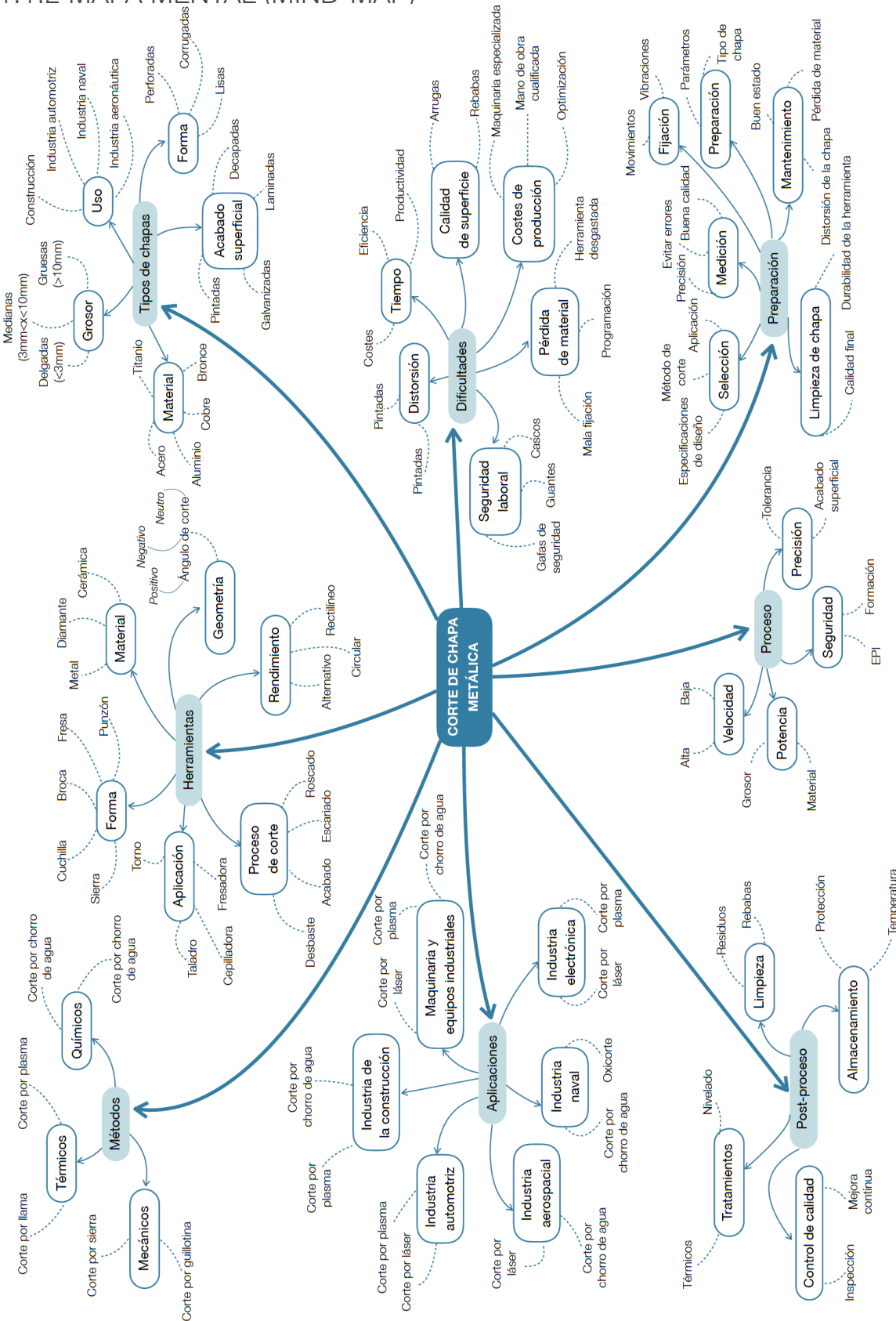
El diseño y la fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas presentan desafíos y problemáticas específicas. Algunos de los principales problemas identificados son:

1. Precisión y calidad del corte: El uso de muelas abrasivas para el corte de planchas metálicas requiere un mecanismo de avance que proporcione una alimentación constante y precisa. Es fundamental garantizar que el mecanismo de avance permita un control adecuado de la velocidad y la presión aplicada para obtener cortes precisos y de alta calidad.
2. Velocidad de corte eficiente: El diseño del mecanismo de avance debe asegurar una velocidad de corte eficiente, permitiendo una producción rápida y eficaz. Es esencial minimizar los tiempos de corte y maximizar la productividad sin comprometer la calidad del corte.
3. Seguridad del operador: Durante el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas, existe un riesgo potencial para la seguridad del operador. El mecanismo de avance debe ser diseñado de manera que minimice el riesgo de accidentes y lesiones, incorporando medidas de seguridad adecuadas.
4. Durabilidad y vida útil del mecanismo: El uso de muelas abrasivas en el corte de planchas metálicas implica una carga considerable sobre el mecanismo de avance. Es necesario seleccionar materiales resistentes y duraderos, así como emplear técnicas de fabricación adecuadas para garantizar la durabilidad y la vida útil del mecanismo en condiciones de trabajo exigentes.
5. Costos de fabricación y mantenimiento: El diseño y la fabricación del mecanismo de avance deben tener en cuenta los costos asociados. Esto incluye tanto los costos iniciales de fabricación como los costos de mantenimiento a largo plazo. Se busca optimizar la eficiencia y minimizar los gastos operativos sin comprometer la calidad y la funcionalidad del mecanismo.

En resumen, el diseño y la fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas plantean desafíos relacionados con la precisión del corte, la eficiencia, la seguridad, la durabilidad y los costos. Superar estos problemas es esencial para lograr un mecanismo de avance efectivo y confiable para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas.

A continuación se adjunta el *Mind-Map*, el cual relaciona diferentes conceptos con la intención de ver la asociación de ideas y canalizar la creatividad.

1.1.2 MAPA MENTAL (MIND-MAP)



1.1.3 STORY-BOARD

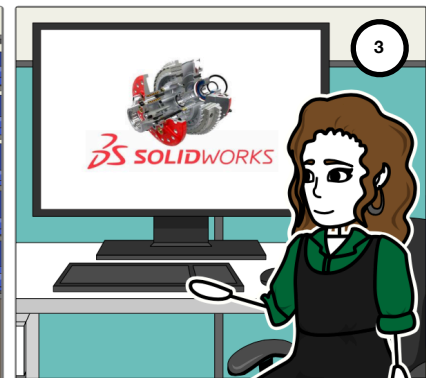
El *Story-Board* es el paso siguiente en el proceso de diseño y fabricación de este mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas. Consiste en definir una secuencia de imágenes o viñetas de acontecimientos que implican al producto diseñado. De esta manera las personas ajenas al proyecto podrán entender mejor el concepto.



En el taller de mecánica de la EPSEVG se necesita cortar una chapa metálica de grandes dimensiones para la elaboración de un producto de investigación pero no se tiene la herramienta necesaria para poder cortarla.



El responsable del taller de mecánica se reúne con una diseñadora de producto y le solicita ayuda para diseñar un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas. La diseñadora acepta el desafío y se pone a trabajar en el diseño.



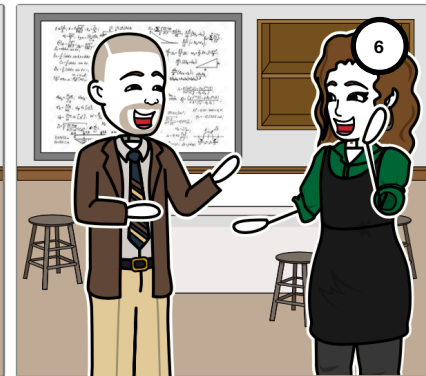
La diseñadora utiliza software de diseño asistido por computadora (CAD) para crear un modelo en 3D del mecanismo de avance. El diseño muestra una muela abrasiva conectada a un motor eléctrico, que se desplaza a lo largo de una guía lineal.



Una vez que la diseñadora completa el diseño, el responsable del taller de mecánica aprueba el modelo en 3D y autoriza la fabricación del mecanismo de avance.



En el taller de mecánica se emplean las máquinas que se encuentran allí para fabricar las partes del mecanismo de avance. Una vez que todas las piezas están listas, estas se ensamblan según el modelo 3D de la diseñadora y se comprueba que el diseño desempeña su función.



Finalmente, el responsable del taller mecánico prueba el mecanismo de avance en una plancha de metal de gran tamaño y queda muy impresionado con el resultado. Ahora puede cortar planchas de metal con mayor precisión y eficiencia gracias al nuevo mecanismo de avance diseñado y fabricado por la diseñadora de producto.

Figura 1. Storyboard. Fuente: Elaboración propia

Entonces, teniendo en cuenta el *Mind-Map* y el *Story-Board* estaríamos en condiciones para poder hacer un primer borrador para dar una representación gráfica sobre lo que podría ser el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas.

1.1.4 BOCETO INICIAL

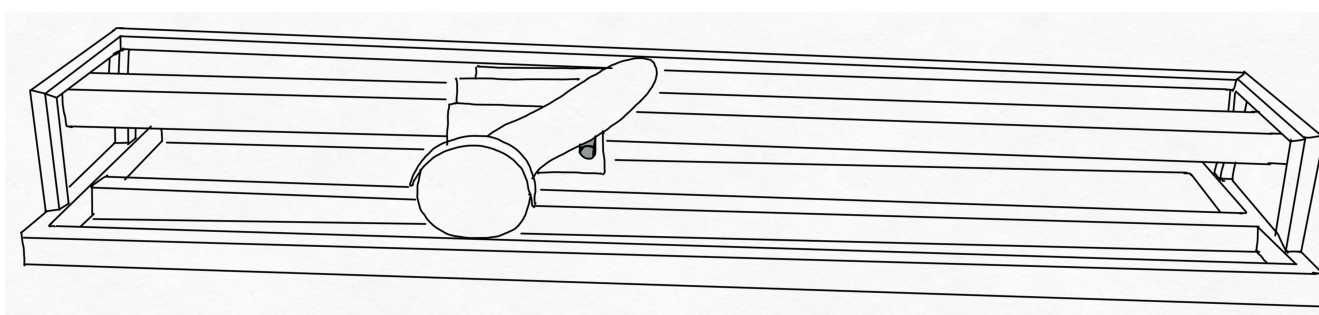


Figura 2. Boceto inicial. Fuente: Elaboración propia

Dado que el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas está pensado para poder cortar chapas de grandes dimensiones, este mecanismo tiene que tener espacio suficiente para poder colocar las planchas con comodidad, además de estar formado por una estructura robusta capaz de soportar la fuerza y movimientos que se pueden generar en el momento del corte.

1.1.5 CONCLUSIONES INVESTIGACIÓN FASE 1

Hemos llegado al final de la primera parte de la investigación. Esta parte nos ha permitido una primera aproximación al proyecto que queremos desarrollar. También nos ha servido para clasificar las ideas que tenemos en la mente de cómo continuar el proceso hacia la propuesta final. El *Story-Board* nos recuerda de manera breve y esquemática los conocimientos que están involucrados en nuestro producto i, por otro lado, el *Mind-Map* nos relaciona los conceptos más importantes del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas.

A continuación, seguiremos con la fase de investigación, donde nos adentraremos con más profundidad para asentar unas buenas bases de conocimiento. Analizaremos las necesidades del usuario y haremos un estudio de los referentes y precedentes, así como soluciones existentes.

1.2 INVESTIGACIÓN FASE 2

1.2.1. PROCESOS DE CORTE DE CHAPA

El proceso de corte de chapa se refiere a la eliminación de una sección de material de una chapa mediante la aplicación de una herramienta de corte. A continuación se describe un proceso general de corte de chapa:

1. **Preparación de la chapa:** se selecciona la chapa adecuada para el corte y se prepara la superficie de la misma, eliminando impurezas, suciedad y óxido.
2. **Selección del método de corte:** se selecciona el método de corte más adecuado para la chapa, en función de las características del material, el espesor de la chapa y la precisión requerida en el corte.
3. **Preparación del equipo:** se prepara el equipo de corte, que puede ser una máquina de corte, un soplete, un láser, un chorro de agua o cualquier otra herramienta de corte adecuada.
4. **Diseño del corte:** se diseña el corte a realizar, teniendo en cuenta la forma y el tamaño de la pieza a cortar, la precisión requerida y los límites de la máquina de corte.
5. **Colocación de la chapa:** se coloca la chapa en la mesa de corte, fijándola adecuadamente para evitar movimientos o vibraciones durante el proceso de corte.
6. **Corte de la chapa:** se inicia el proceso de corte, moviendo la herramienta de corte a lo largo de la línea de corte, según el diseño previo.
7. **Control de calidad:** se comprueba la calidad del corte mediante pruebas no destructivas, como la inspección visual, la medición de las dimensiones de la pieza y la verificación de las tolerancias.
8. **Retirada de la pieza cortada:** una vez completado el proceso de corte, se retira la pieza cortada de la mesa de corte y se procede a su posterior procesamiento o montaje.

Es importante destacar que cada tipo de corte de chapa tiene sus propias peculiaridades y particularidades en el proceso.

Existen diferentes formas de clasificar los tipos de corte de chapa, pero una posible clasificación podría ser la siguiente:

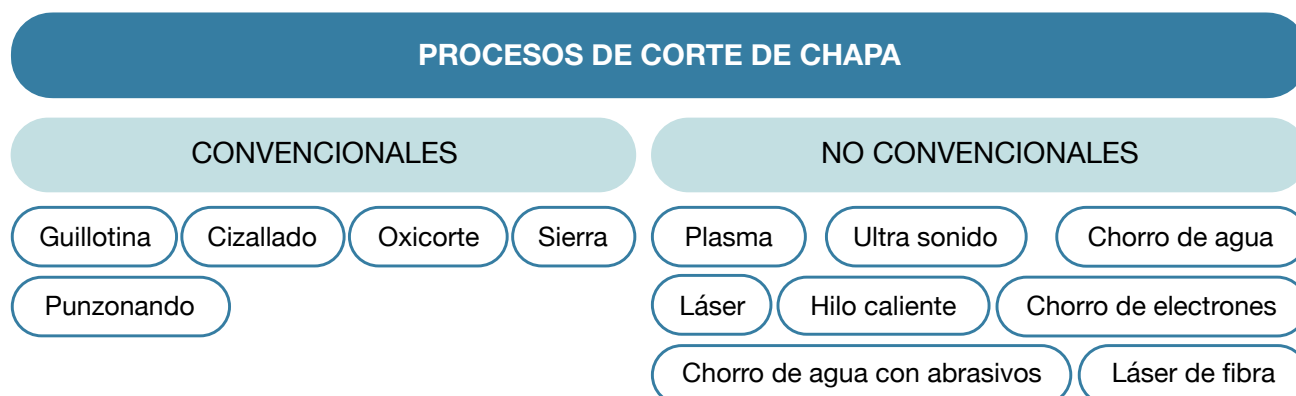


Tabla 1. Procesos de corte no convencionales

Esta clasificación se basa en la forma de realizar el corte de chapa, distinguiendo entre los procesos de corte convencionales y no convencionales. Cada tipo de corte tiene sus ventajas e inconvenientes, y es importante elegir el proceso de corte adecuado según las características de la chapa, el espesor, la forma y la precisión requerida en el corte, así como los costes y los plazos de entrega.

1.2.1.1. CORTE DE CHAPA CONVENCIONALES

Los procesos convencionales de corte de chapa son aquellos que utilizan herramientas mecánicas para cortar la chapa. A continuación, se describen algunos de los procesos convencionales de corte de chapa más comunes:

Corte por guillotina

El corte de chapa por guillotina es un proceso de corte en frío que se realiza mediante la aplicación de fuerza mecánica sobre una chapa con una guillotina. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por guillotina:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por guillotina, que incluye una guillotina y una chapa. La guillotina es una herramienta de corte que consta de una cuchilla afilada que se mueve en ángulo recto para cortar la chapa.

3. **Posicionamiento de la chapa:** la chapa se coloca en la guillotina y se posiciona adecuadamente para recibir el corte.
4. **Aplicación de la fuerza mecánica:** se aplica fuerza mecánica a la guillotina para que la cuchilla se mueva en ángulo recto y corte la chapa. La fuerza aplicada y la distancia entre la cuchilla y la chapa determinan el ángulo y la calidad del corte.
5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira de la guillotina.

El proceso de corte de chapa por guillotina es adecuado para cortar metales de bajo espesor, como el acero y el aluminio. Es un proceso rápido y eficiente que permite cortes de alta precisión y puede ser utilizado para producir piezas en grandes cantidades. El corte por guillotina es especialmente adecuado para la producción en masa de piezas con formas repetitivas y sencillas, como las que se encuentran en la industria automotriz y de la construcción. Además, el corte por guillotina no produce virutas ni genera calor, lo que reduce el riesgo de deformación y rotura de la pieza.

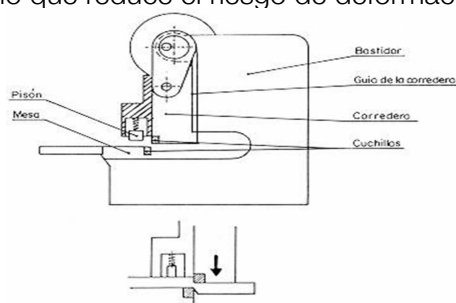


Figura 3. Configuración básica del corte por guillotina. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por sierra

El corte de chapa por sierra es un proceso de corte en el que se utiliza una sierra para cortar la chapa. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por sierra:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por sierra, que incluye una sierra y una chapa. La sierra puede ser de metal o de carburo de tungsteno, y se selecciona según el material de la chapa y el espesor.
3. **Posicionamiento de la chapa:** la chapa se coloca en el soporte de la sierra y se posiciona adecuadamente para recibir el corte.
4. **Corte de la chapa:** se enciende la sierra y se desplaza a lo largo de la chapa para realizar el corte. El movimiento de la sierra se realiza mediante un motor eléctrico o neumático.

5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira del soporte de la sierra.

El corte de chapa por sierra es adecuado para cortar metales de espesor medio o grueso, como el acero. Es un proceso que requiere mayor tiempo y esfuerzo que otros métodos de corte, pero puede ser utilizado para producir piezas con formas más complejas que el corte por guillotina. Además, la sierra puede ser ajustada para realizar cortes con diferentes ángulos y formas. Sin embargo, el corte por sierra puede generar calor y virutas, lo que puede afectar la calidad de la pieza cortada.

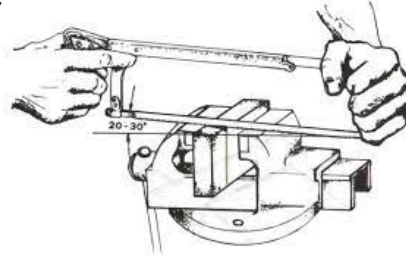


Figura 4. Configuración básica del corte por sierra. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por punzonado

El proceso de corte de chapa punzonado es un proceso de corte en frío que se realiza mediante la aplicación de fuerza mecánica sobre una chapa con un punzón y una matriz. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa punzonado:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por punzonado, que incluye una prensa, un punzón y una matriz. El punzón es una herramienta con forma de cuchilla que se inserta en la prensa, mientras que la matriz es una superficie plana con una forma opuesta a la del punzón.
3. **Posicionamiento de la chapa:** la chapa se coloca sobre la matriz y se posiciona adecuadamente para recibir el punzonado.
4. **Aplicación de la fuerza mecánica:** se aplica fuerza mecánica a la prensa para que el punzón penetre en la chapa y corte la forma deseada. La fuerza aplicada y la forma del punzón y la matriz determinan la forma final del corte.
5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira de la matriz.

El proceso de corte de chapa punzonado es adecuado para cortar metales de bajo espesor, como el acero y el aluminio. Es un proceso rápido y eficiente que permite cortes de alta precisión y puede ser utilizado para producir piezas en grandes cantidades. El corte por punzonado es especialmente adecuado para la producción en masa de piezas con formas repetitivas y sencillas, como las que se encuentran en la industria automotriz y de la construcción. Además, el corte por punzonado no produce virutas ni genera calor, lo que reduce el riesgo de deformación y rotura de la pieza.

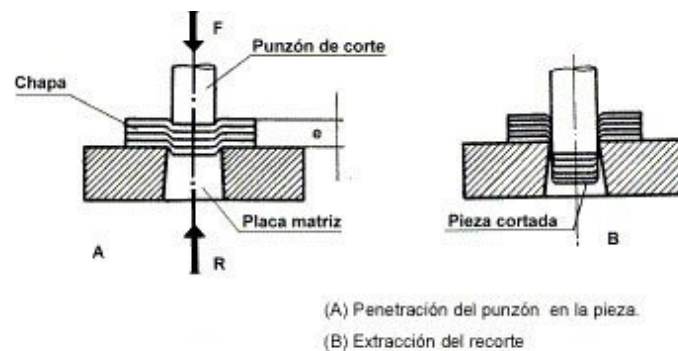


Figura 5. Configuración básica del corte por punzonado. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por cizalla

El proceso de corte de chapa por cizalla es un proceso de corte en frío que se realiza mediante la aplicación de fuerza mecánica sobre una chapa con una cizalla. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por cizallado:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por cizallado, que incluye una cizalla y una chapa. La cizalla es una herramienta de corte que consta de dos cuchillas afiladas que se mueven en ángulo recto para cortar la chapa.
3. **Posicionamiento de la chapa:** la chapa se coloca en la cizalla y se posiciona adecuadamente para recibir el corte.
4. **Aplicación de la fuerza mecánica:** se aplica fuerza mecánica a la cizalla para que las cuchillas se muevan en ángulo recto y corten la chapa. La fuerza aplicada y la distancia entre las cuchillas determinan el ángulo y la calidad del corte.
5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira de la cizalla.

El proceso de corte de chapa por cizallado es adecuado para cortar metales de bajo espesor, como el acero y el aluminio. Es un proceso rápido y eficiente que permite cortes de alta precisión y puede ser utilizado para producir piezas en grandes cantidades. El corte por cizallado es especialmente adecuado para la producción en masa de piezas con formas repetitivas y sencillas, como las que se encuentran en la industria automotriz y de la construcción. Además, el corte por cizallado no produce virutas ni genera calor, lo que reduce el riesgo de deformación y rotura de la pieza.

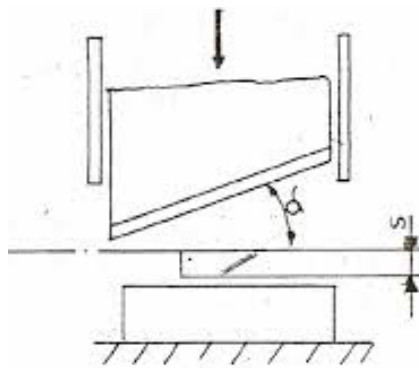


Figura 6. Configuración básica del corte por cizalla.
Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

1.2.1.2. CORTE DE CHAPA NO CONVENCIONALES

Los procesos no convencionales de corte de chapa son aquellos que utilizan técnicas más avanzadas y menos comunes para cortar la chapa. A continuación, se describen algunos de los procesos no convencionales de corte de chapa más comunes:

Corte por láser

El proceso de corte de chapa por láser es un proceso de corte térmico que utiliza un haz de láser para fundir y cortar metales. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por láser:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por láser, que incluye un láser, una fuente de energía eléctrica y un sistema de enfriamiento. El láser utiliza un sistema de espejos para enfocar el haz de luz en un punto específico para fundir y cortar la chapa.
3. **Encendido del láser:** se enciende el láser y se ajusta para obtener la energía adecuada para el corte.

4. **Inicio del corte:** el haz de láser se enfoca en un punto específico de la chapa para fundir y cortar la chapa. El operador del láser debe mover el haz a lo largo de la línea de corte deseada para completar el corte.
5. **Enfriamiento de la chapa:** una vez que se completa el corte, la chapa se deja enfriar antes de manipularla para evitar deformaciones.

El proceso de corte de chapa por láser es adecuado para cortar metales de espesor fino a medio, como acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones de aluminio. El corte por láser es muy preciso y produce cortes de alta calidad, con una mínima zona afectada por el calor y sin deformaciones o rebabas. Además, el corte por láser permite cortar formas complejas y contornos precisos, lo que lo hace ideal para aplicaciones en la industria automotriz, aeroespacial y de dispositivos médicos

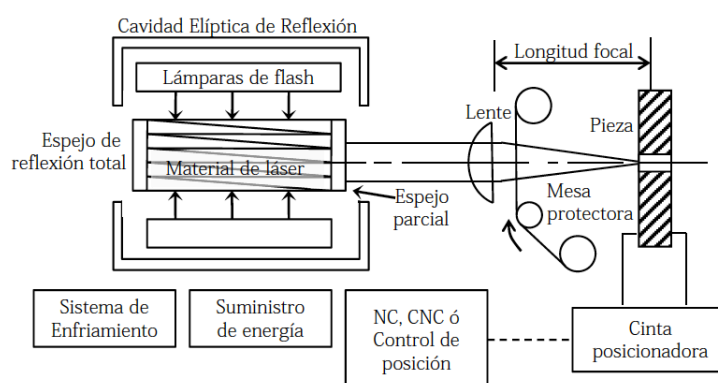


Figura 7. Configuración básica del corte por láser. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por corte por plasma

El proceso de corte de chapa por plasma es un proceso de corte térmico que utiliza un gas ionizado para fundir y cortar metales. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por plasma:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte de plasma, que incluye una antorcha de plasma y una fuente de gas y energía eléctrica. La antorcha de plasma tiene un electrodo y un boquilla especial diseñada para mezclar el gas y producir un arco eléctrico.
3. **Encendido del arco de plasma:** se enciende el arco de plasma y se ajusta para obtener la energía adecuada para el corte.

4. **Inicio del corte:** la antorcha de plasma se dirige hacia la chapa y el arco de plasma se enfoca en un punto específico para fundir y cortar la chapa. El operador de la antorcha debe moverla a lo largo de la línea de corte deseada para completar el corte.
5. **Enfriamiento de la chapa:** una vez que se completa el corte, la chapa se deja enfriar antes de manipularla para evitar deformaciones.

El proceso de corte de chapa por plasma es adecuado para cortar metales de espesor medio y grueso, como acero al carbono, acero inoxidable y aleaciones de aluminio. El corte por plasma puede producir cortes precisos y de alta calidad, con un mínimo de deformaciones y rebabas. Además, el corte por plasma permite cortar materiales conductores y no conductores, como metales y plásticos.

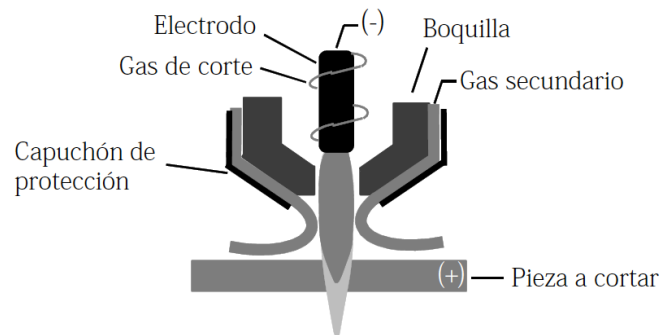


Figura 8. Configuración básica del corte por plasma. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por agua

El proceso de corte de chapa por agua es un proceso de corte térmico que utiliza un chorro de agua a alta presión para cortar metales y otros materiales. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por agua:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por agua, que incluye una bomba de alta presión, una boquilla y un sistema de control. El agua se presuriza y se dirige a través de la boquilla a alta velocidad para cortar la chapa.
3. **Inicio del corte:** el chorro de agua a alta presión se dirige hacia la chapa y se enfoca en un punto específico para cortar la chapa. El operador del sistema de corte debe mover la boquilla a lo largo de la línea de corte deseada para completar el corte.

4. **Enfriamiento de la chapa:** una vez que se completa el corte, la chapa se deja enfriar antes de manipularla para evitar deformaciones.

El proceso de corte de chapa por agua es adecuado para cortar una amplia variedad de materiales, incluyendo metales, piedra, vidrio, cerámica y plásticos. El corte por agua es muy preciso y produce cortes de alta calidad, con una mínima zona afectada por el calor y sin deformaciones o rebabas. Además, el corte por agua no genera polvo ni gases tóxicos, lo que lo hace ideal para aplicaciones en la industria alimentaria, farmacéutica y de dispositivos médicos.

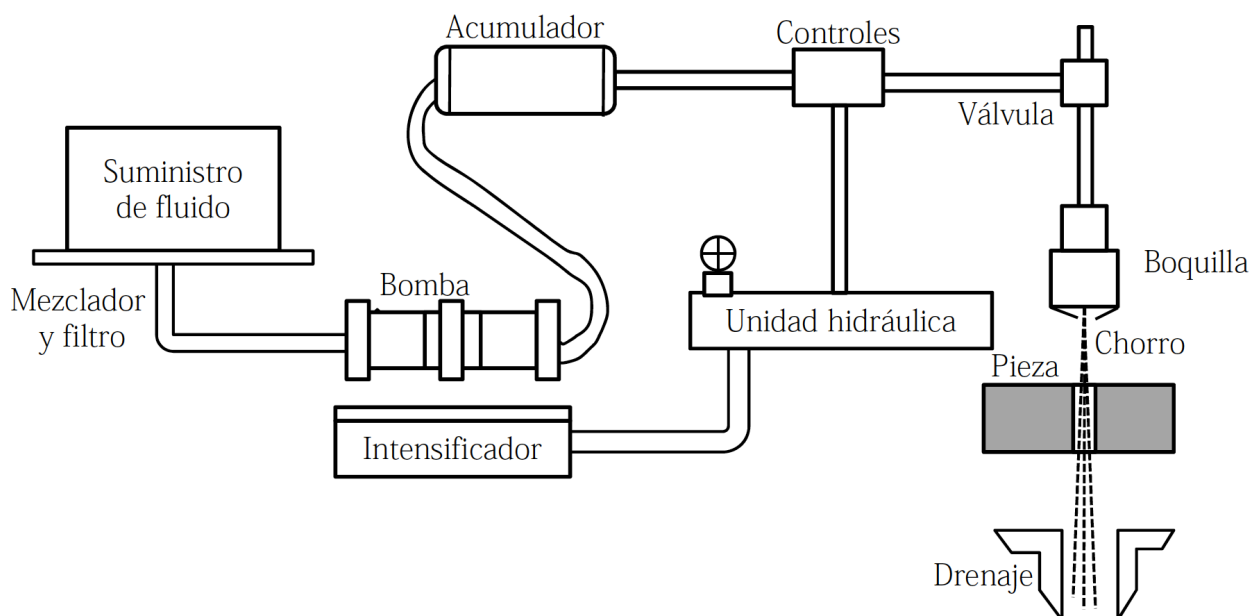


Figura 9. Configuración básica del corte por chorro de agua. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por agua con abrasivos

El proceso de corte de chapa por agua con abrasivos es similar al proceso de corte de chapa por agua convencional, pero en este caso se añade un abrasivo a la corriente de agua para aumentar la capacidad de corte del chorro de agua. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por agua con abrasivos:

1. **Preparación de la superficie de la chapa:** antes de comenzar el proceso de corte, la superficie de la chapa debe ser limpiada y desengrasada para garantizar una buena calidad de corte.

2. **Preparación del equipo:** se debe preparar el equipo de corte por agua con abrasivos, que incluye una bomba de alta presión, una boquilla y un sistema de control. Se añade un abrasivo a la corriente de agua para aumentar la capacidad de corte del chorro de agua.
3. **Inicio del corte:** el chorro de agua con abrasivos se dirige hacia la chapa y se enfoca en un punto específico para cortar la chapa. El operador del sistema de corte debe mover la boquilla a lo largo de la línea de corte deseada para completar el corte.
4. **Enfriamiento de la chapa:** una vez que se completa el corte, la chapa se deja enfriar antes de manipularla para evitar deformaciones.

El proceso de corte de chapa por agua con abrasivos es adecuado para cortar una amplia variedad de materiales, incluyendo metales, piedra, vidrio, cerámica y plásticos. El corte por agua con abrasivos es muy preciso y produce cortes de alta calidad, con una mínima zona afectada por el calor y sin deformaciones o rebabas. Además, el corte por agua con abrasivos es capaz de cortar materiales más gruesos que el corte por agua convencional, lo que lo hace ideal para aplicaciones en la industria aeroespacial, automotriz y naval.

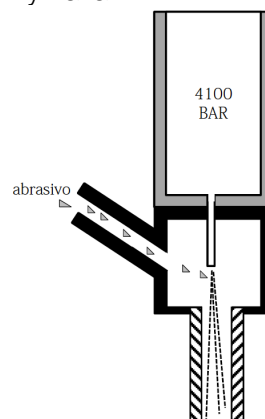


Figura 10. Corte por chorro de agua más abrasivo. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por hilo caliente

El corte de chapa por hilo caliente, también conocido como corte por hilo de resistencia, es un proceso de corte no convencional que utiliza un alambre caliente para cortar la chapa. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por hilo caliente:

1. **Preparación de la chapa:** se limpia y desengrasa la superficie de la chapa para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se prepara el equipo de corte por hilo caliente, que incluye una fuente de energía eléctrica, un sistema de tensión y un hilo caliente de aleación metálica.
3. **Generación del calor:** el hilo caliente se calienta mediante la aplicación de una corriente eléctrica, generando un intenso calor en el material de la chapa.
4. **Corte de la chapa:** el hilo caliente se mueve a lo largo del contorno de la pieza, cortando el material a medida que avanza. El corte es preciso y limpio, sin generar deformaciones ni tensiones.
5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira de la mesa de corte.

El corte de chapa por hilo caliente es adecuado para cortar materiales conductores de electricidad, como acero al carbono, acero inoxidable, aluminio y cobre. Es un proceso que permite realizar cortes de alta precisión y velocidad, con una buena calidad superficial y sin generar deformaciones. Además, es posible realizar cortes con formas complejas y pequeños radios de curvatura. El corte por hilo caliente es un proceso automatizado que ofrece un alto grado de precisión y repetitividad, lo que lo hace adecuado para la producción en masa de piezas de chapa.

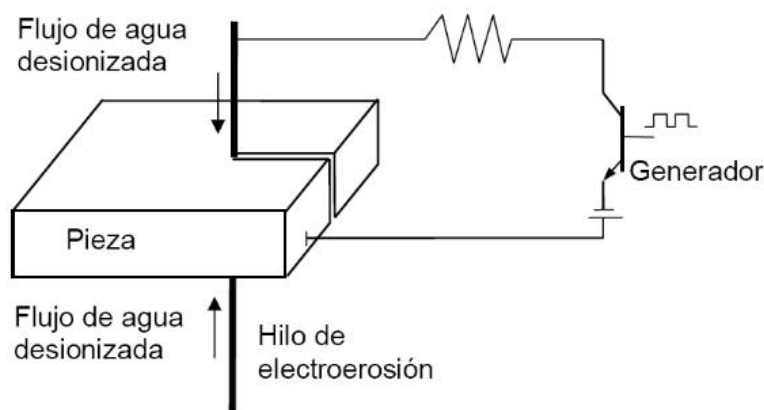


Figura 11. Corte por hilo caliente. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por ultrasonido

El corte de chapa por ultrasonido es un proceso de corte no convencional que utiliza vibraciones de alta frecuencia para cortar materiales blandos o delicados. A continuación se describe el proceso de corte de chapa por ultrasonido:

1. **Preparación de la chapa:** se limpia y desengrasa la superficie de la chapa para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Preparación del equipo:** se prepara el equipo de corte por ultrasonido, que incluye un transductor de ultrasonido, una cuchilla de corte y un generador de vibraciones de alta frecuencia.
3. **Generación de vibraciones:** el generador de vibraciones de alta frecuencia envía vibraciones al transductor, que convierte la energía eléctrica en vibraciones mecánicas.
4. **Corte de la chapa:** la cuchilla de corte se coloca en contacto con la chapa y se mueve hacia adelante y hacia atrás a una velocidad muy alta, generando vibraciones ultrasónicas en la zona de corte. Las vibraciones cortan la chapa sin generar calor ni deformaciones.
5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira de la mesa de corte.

El corte de chapa por ultrasonido es adecuado para cortar materiales blandos o delicados, como plásticos, caucho, espuma, papel, cartón y telas. Es un proceso que permite realizar cortes de alta precisión y velocidad, con una buena calidad superficial y sin generar deformaciones. Además, es posible realizar cortes con formas complejas y pequeños radios de curvatura. El corte por ultrasonido es un proceso automatizado que ofrece un alto grado de precisión y repetitividad, lo que lo hace adecuado para la producción en masa de piezas de chapa.

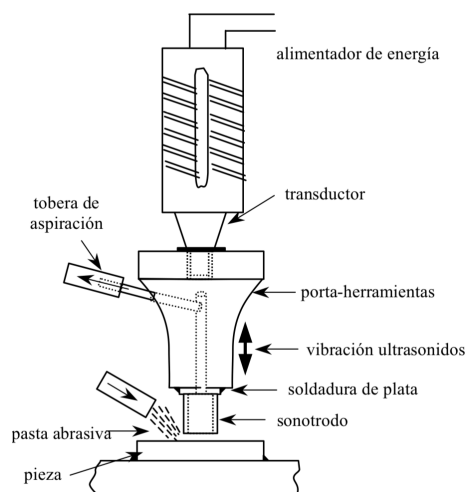


Figura 12. Corte por ultrasonido. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por chorro de electrones

El corte de chapa por chorro de electrones (ECM, por sus siglas en inglés) es un proceso de corte no convencional que utiliza un haz de electrones de alta velocidad y energía para cortar la chapa. A continuación, se describe el proceso de corte de chapa por chorro de electrones:

1. **Preparación de la chapa:** se limpia y desengrasa la superficie de la chapa para garantizar una buena calidad de corte.
2. **Generación del haz de electrones:** se utiliza un generador de electrones para crear un haz de electrones de alta energía y velocidad.
3. **Enfoque del haz de electrones:** se utiliza un sistema de lentes electromagnéticas para enfocar el haz de electrones en un punto de alta energía y concentración.
4. **Corte de la chapa:** el haz de electrones se enfoca en la chapa y se mueve a lo largo del contorno de la pieza, generando calor y vaporizando el material en el área del corte. La chapa se corta de manera precisa y limpia, sin generar deformaciones o tensiones.
5. **Retirada de la pieza cortada:** una vez que se completa el corte, la pieza cortada se retira del equipo de corte por chorro de electrones.

El corte de chapa por chorro de electrones se utiliza para cortar materiales de alta dureza, como aceros endurecidos, aleaciones de titanio y materiales cerámicos. Es un proceso que permite realizar cortes de alta precisión, con una buena calidad superficial y sin generar deformaciones. Además, es posible realizar cortes con formas complejas y pequeños radios de curvatura. Sin embargo, el costo del equipo y el consumo de energía son relativamente altos, lo que limita su uso en algunos casos.

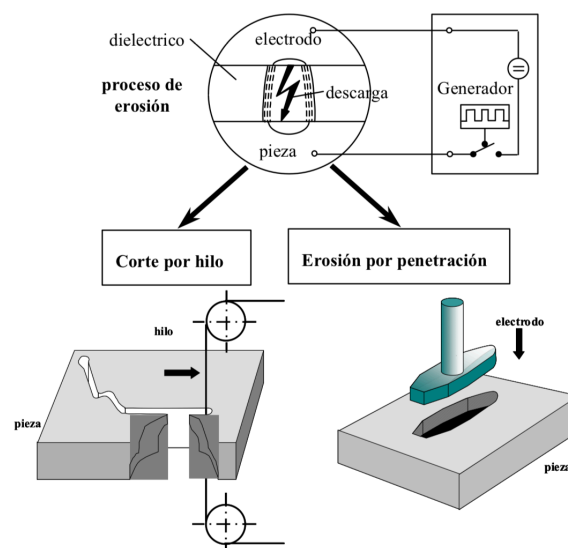


Figura 13. Corte por chorro de electrones. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

Corte por oxicorte

El proceso de corte de chapa por oxicorte es un método de corte térmico en el que se utiliza un chorro de oxígeno para quemar la chapa y crear una separación en la línea de corte. A continuación se describe el proceso de corte de chapa por oxicorte:

1. **Preparación de la chapa:** se selecciona la chapa adecuada para el corte y se prepara la superficie de la misma, eliminando impurezas, suciedad y óxido.
2. **Preparación del equipo:** se prepara el equipo de oxicorte, que consta de una antorcha que proporciona un flujo de oxígeno y un quemador que suministra el combustible (acetileno, propano, gas natural, etc.).
3. **Selección del combustible y regulación de la llama:** se selecciona el combustible adecuado y se ajusta la llama de la antorcha para obtener el tamaño y la intensidad de la llama adecuados para el material y el espesor de la chapa.
4. **Colocación de la chapa:** se coloca la chapa en la mesa de corte y se fija adecuadamente para evitar movimientos o vibraciones durante el proceso de corte.
5. **Corte de la chapa:** se enciende la llama de la antorcha y se guía la misma a lo largo de la línea de corte previamente marcada. El flujo de oxígeno acelera la combustión del material de la chapa, creando una separación en la línea de corte.
6. **Control de calidad:** se comprueba la calidad del corte mediante pruebas no destructivas, como la inspección visual, la medición de las dimensiones de la pieza y la verificación de las tolerancias.
7. **Retirada de la pieza cortada:** una vez completado el proceso de corte, se retira la pieza cortada de la mesa de corte y se procede a su posterior procesamiento o montaje.

Es importante tener en cuenta que el corte por oxicorte produce una zona afectada por el calor (HAZ, por sus siglas en inglés) alrededor de la línea de corte, lo que puede provocar distorsiones en la chapa y una calidad de corte inferior a otros métodos de corte.

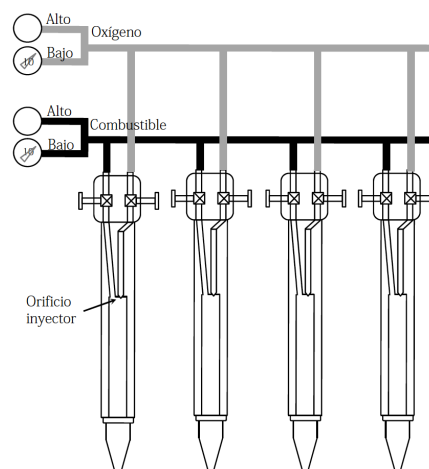


Figura 14. Configuración simple de oxicorte. Fuente: Sistema Experto de Selección de Procesos No Convencionales para Corte de Chapa Metálica.

1.2.2 ESTUDIO Y ANALISI DE REFERENTES Y PRECEDENTES

Hay varios precedentes históricos del uso de mecanismos de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas, algunos de los cuales se describen a continuación:

Máquina de corte de chapas de Whitworth (1864)

Esta fue una de las primeras máquinas que utilizó una muela abrasiva para cortar planchas metálicas. La máquina utilizaba un mecanismo de avance manual en el que el operador giraba una manivela para avanzar la muela a lo largo de la chapa.

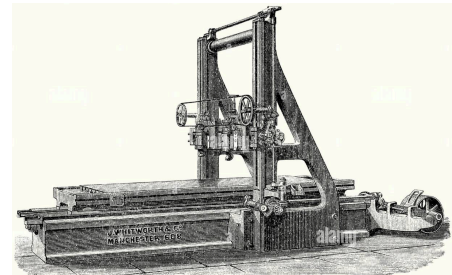


Figura 15. Máquina de corte Whitworth.
Fuente: Alamy

Máquina de corte de chapas de Pearson (1873)

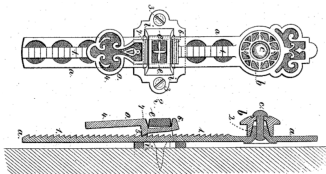


Figura 16. Máquina de corte Pearson. Fuente: Google Patents.

Esta máquina utilizaba un mecanismo de avance hidráulico para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La máquina era capaz de cortar planchas de acero de hasta 3 pulgadas de grosor y se utilizaba ampliamente en la industria del acero en el siglo XIX.

Máquina de corte de chapas de Brown and Sharpe (1890)

Esta máquina utilizaba un mecanismo de avance manual en el que el operador giraba un volante para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La máquina era capaz de cortar planchas de acero de hasta 1 pulgada de grosor y se utilizó ampliamente en la industria del acero y la construcción naval en la primera mitad del siglo XX.

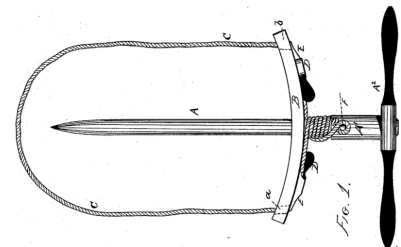


Figura 17. Máquina de corte Brown and Shape. Fuente: Google Patents.

Máquina de corte de chapas de Cincinnati (1930)

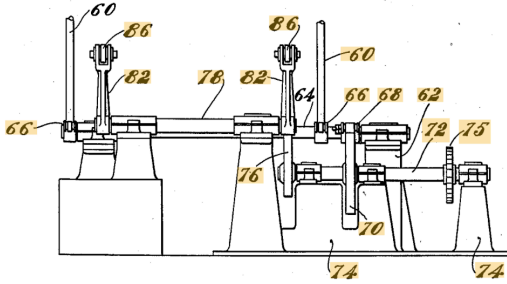


Figura 18. Máquina de corte Cincinnati. Fuente: Google Patents.

Esta máquina utilizaba un mecanismo de avance neumático para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La máquina era capaz de cortar planchas de acero de hasta 6 pulgadas de grosor y se utilizó ampliamente en la industria del acero durante la segunda mitad del siglo XX.

En resumen, los mecanismos de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas han evolucionado a lo largo del tiempo, desde mecanismos manuales simples hasta mecanismos hidráulicos, neumáticos y automatizados más sofisticados. La selección del mecanismo de avance adecuado depende de factores como la precisión, la velocidad de corte, la capacidad de corte y el costo, y se debe adaptar a los requerimientos específicos de cada aplicación.

1.2.3 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE SOLUCIONES EXISTENTES

Existen diversas soluciones existentes de mecanismos de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas, que se pueden clasificar en función de su grado de automatización y control. A continuación se describen algunas de estas soluciones:

Mecanismos de avance manuales

Los mecanismos de avance manuales consisten en un sistema de transmisión manual que permite mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. Estos mecanismos son sencillos, económicos y fáciles de utilizar, pero requieren una intervención constante del operario, lo que puede afectar la precisión y la velocidad del corte.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de mecanismos de avance manuales para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas:

- ❖ **Mecanismo de avance manual con manivela:** Este tipo de mecanismo utiliza una manivela para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La manivela puede estar conectada a una barra roscada que transmite el movimiento a un conjunto de poleas y correas para aumentar la

velocidad de corte. Este tipo de mecanismo es sencillo y económico, pero requiere una intervención constante del operario.

❖ **Mecanismo de avance manual con palanca:** En este caso, se utiliza una palanca para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La palanca puede estar conectada directamente a la muela o a un conjunto de poleas y correas para aumentar la velocidad de corte. Este tipo de mecanismo también es sencillo y económico, pero puede requerir más esfuerzo físico por parte del operario.

❖ **Mecanismo de avance manual con rueda de mano:** Este tipo de mecanismo utiliza una rueda de mano para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La rueda de mano puede estar conectada a un sistema de transmisión que aumenta la velocidad de corte. Este tipo de mecanismo es fácil de usar y no requiere un esfuerzo físico excesivo, pero puede ser menos preciso que otros tipos de mecanismos.



Figura 19. Mecanismo de avance con manivela.
Fuente: Amazon.



Figura 20. Mecanismo de avance manual con palanca.
Fuente: Amazon.

En general, los mecanismos de avance manuales son simples y fáciles de usar, pero pueden ser limitados en términos de precisión y velocidad de corte. Por esta razón, son más adecuados para aplicaciones de corte de baja producción o para operaciones de corte que requieren una mayor intervención del operario.

Mecanismos de avance hidráulicos

Los mecanismos de avance hidráulicos utilizan un sistema de presión hidráulica para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. Estos mecanismos son más precisos y rápidos que los manuales, y pueden utilizarse para cortar planchas de mayor grosor. Sin embargo, su coste es mayor y requieren un mantenimiento periódico.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de mecanismos de avance hidráulicos para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas:

- ❖ **Mecanismo de avance hidráulico con cilindro:** Este tipo de mecanismo utiliza un cilindro hidráulico para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. El cilindro está conectado a un sistema hidráulico que suministra el fluido necesario para su movimiento. Este tipo de mecanismo es muy preciso y puede alcanzar altas velocidades de corte. También puede ser fácilmente controlado por un operador desde una consola de control.
- ❖ **Mecanismo de avance hidráulico con servoaccionamiento:** En este caso, se utiliza un motor hidráulico o eléctrico controlado por un sistema servoaccionado para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. Este tipo de mecanismo ofrece una alta precisión y velocidad de corte, y puede ser fácilmente controlado por un operador desde una consola de control.
- ❖ **Mecanismo de avance hidráulico con sistema de alimentación automática:** Este tipo de mecanismo utiliza un sistema de alimentación automática para mover la chapa a través de la muela abrasiva. El sistema de alimentación puede estar controlado por un sistema hidráulico o eléctrico. Este tipo de mecanismo es muy eficiente para la producción en masa y puede lograr altas velocidades de corte.



Figura 21. Cizalla hidráulica. Fuente: Direct Industry.

En general, los mecanismos de avance hidráulicos ofrecen una mayor precisión y velocidad de corte que los mecanismos manuales. Además, los sistemas hidráulicos pueden ser fácilmente controlados por un operador desde una consola de control, lo que mejora la eficiencia y la precisión

del proceso de corte. Sin embargo, los mecanismos de avance hidráulicos pueden ser más costosos que los mecanismos manuales.

Mecanismos de avance motorizados

Los mecanismos de avance motorizados utilizan un motor eléctrico para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. Estos mecanismos son más precisos, rápidos y automatizados que los anteriores, permitiendo un mayor control y repetibilidad en el corte. Sin embargo, su costo es mayor y pueden requerir un mantenimiento más frecuente.

Los mecanismos de avance motorizados son ampliamente utilizados para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas debido a su alta precisión y capacidad de producción. A continuación, se presentan algunos ejemplos de mecanismos de avance motorizados para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas:

- ❖ **Mecanismo de avance motorizado con husillo:** Este modelo utiliza un husillo motorizado que se mueve a lo largo de un sistema de guías. La muela abrasiva se encuentra fija y la chapa se desplaza a lo largo del husillo. El movimiento del husillo es controlado por un motor eléctrico que proporciona la velocidad y precisión necesarias para el corte. Este modelo es adecuado para aplicaciones de corte de alta producción.
- ❖ **Mecanismo de avance motorizado con correas:** Este modelo utiliza un sistema de correas motorizado para mover la muela abrasiva a lo largo de la chapa. La chapa se encuentra fija y la muela se desplaza a lo largo de un sistema de guías. El movimiento de la muela es controlado por un motor eléctrico que acciona el sistema de correas. Este modelo es adecuado para aplicaciones de corte de alta producción.
- ❖ **Mecanismo de avance motorizado con servoaccionamiento:** Este modelo utiliza un sistema de servoaccionamiento para controlar el movimiento de la muela abrasiva y la chapa. El servoaccionamiento proporciona una alta precisión y control en el movimiento de la muela y la chapa, lo que permite un corte preciso y consistente. Este modelo es adecuado para aplicaciones de corte de alta producción y se utiliza comúnmente en máquinas de corte CNC.

Mecanismos de avance CNC

Los mecanismos de avance CNC (Control Numérico Computarizado) utilizan un sistema de control computarizado para controlar el movimiento de la muela abrasiva y garantizar la precisión y repetibilidad del corte. Estos mecanismos son los más avanzados y automatizados, permitiendo el control de múltiples parámetros como la velocidad de corte, la presión de la muela, la posición de la herramienta, entre otros. Sin embargo, su costo es el más elevado de todos los anteriores y su implementación requiere de un mayor conocimiento técnico y de programación.

Los mecanismos de avance CNC (Control Numérico Computarizado) son ampliamente utilizados para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas debido a su alta precisión y capacidad de producción. A continuación, se presentan algunos ejemplos de mecanismos de avance CNC para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas:

- ❖ **Mecanismo de avance CNC con control de tres ejes:** Este modelo utiliza un control de tres ejes (X, Y y Z) para controlar el movimiento de la muela abrasiva y la chapa. La muela abrasiva se mueve a lo largo del eje X y el eje Y, mientras que la chapa se mueve a lo largo del eje Z. Este modelo proporciona una alta precisión y control en el movimiento de la muela y la chapa, lo que permite un corte preciso y consistente.
- ❖ **Mecanismo de avance CNC con control de cuatro ejes:** Este modelo utiliza un control de cuatro ejes (X, Y, Z y A) para controlar el movimiento de la muela abrasiva y la chapa. Además de los ejes X, Y y Z, el eje A se utiliza para controlar la inclinación de la muela abrasiva. Esto permite un corte en ángulo y la capacidad de cortar formas tridimensionales complejas.
- ❖ **Mecanismo de avance CNC con robot:** Este modelo utiliza un robot programado para controlar el movimiento de la muela abrasiva y la chapa. El robot se mueve a lo largo de un sistema de guías y utiliza una pinza para sostener la muela abrasiva. La chapa se mueve a lo largo del eje Z. Este modelo proporciona una alta flexibilidad y capacidad para cortar piezas con formas complejas.
- ❖ **Mecanismo de avance CNC con láser:** Este modelo utiliza un láser para cortar la chapa y una muela abrasiva para terminar el borde del corte. El láser se mueve a lo largo de un sistema de guías para cortar la chapa, mientras que la muela abrasiva se mueve a lo largo del eje Z.

para terminar el borde del corte. Este modelo proporciona una alta velocidad de corte y precisión en el acabado del borde.



Figura 22. Mecanismo de avance con láser. Fuente: Freepik.

En resumen, la selección de la solución adecuada dependerá de factores como la precisión, la velocidad de corte, la capacidad de corte, el costo y el nivel de automatización y control requeridos. Cada solución tiene sus ventajas y desventajas, por lo que es importante evaluar cuidadosamente las necesidades específicas de cada aplicación antes de elegir una solución.

1.2.4 ESTUDIO DE NECESIDADES DEL USUARIO

Las necesidades que puede tener un usuario en el corte de chapa metálica pueden variar en función de sus objetivos y requerimientos específicos. A continuación se describen algunas de las necesidades más comunes:

- ❖ **Precisión en el corte:** Un usuario puede requerir un alto nivel de precisión en el corte de la chapa metálica, especialmente si se trata de piezas de alta complejidad o con tolerancias muy ajustadas. En estos casos, se pueden utilizar técnicas de corte láser o por plasma, que ofrecen una alta precisión en el corte.

- ❖ **Velocidad de corte:** En algunos casos, el usuario puede necesitar una alta velocidad de corte para satisfacer una producción en masa. En estos casos, se pueden utilizar equipos de corte por plasma o por chorro de agua, que ofrecen una alta velocidad de corte.

- ❖ **Flexibilidad en el corte:** Si el usuario necesita realizar diferentes tipos de cortes en la chapa metálica, puede requerir un equipo de corte flexible que permita realizar distintos tipos de cortes. En estos casos, se pueden utilizar equipos de corte por láser o por chorro de agua.

- ❖ **Capacidad de corte:** El usuario puede requerir un equipo de corte con una alta capacidad de corte, capaz de cortar chapa metálica de gran espesor. En estos casos, se pueden utilizar equipos de corte por plasma o por láser de alta potencia.

- ❖ **Coste:** El usuario puede requerir un equipo de corte que sea eficiente en costos, tanto en términos de la inversión inicial como de los costos de mantenimiento y operación. En estos casos, se pueden utilizar equipos de corte por plasma o por chorro de agua, que ofrecen una buena relación costo-beneficio.

- ❖ **Seguridad:** El usuario puede requerir un equipo de corte que ofrezca un alto nivel de seguridad durante su operación, tanto para el operador como para el entorno de trabajo. En estos casos, se pueden utilizar equipos de corte por láser o por chorro de agua, que ofrecen una menor emisión de residuos y partículas.

En resumen, las necesidades de un usuario en el corte de chapa metálica pueden variar en función de sus objetivos y requerimientos específicos, y pueden ser satisfechas mediante diferentes técnicas y equipos de corte. Es importante realizar un estudio detallado de las necesidades del usuario antes de seleccionar el equipo de corte más adecuado.

1.2.5 CONCLUSIONES INVESTIGACIÓN FASE 2

Realizada la segunda fase de investigación, se obtienen los requisitos o premisas que tenemos que tener en consideración por la naturaleza del entorno en el que se desarrolla la actividad.

2. DESARROLLO: METODOLOGÍA Y PROCESO

2.1 ESPECIFICACIONES Y REQUISITOS DE LA PROPUESTA (BRIEFING)

El diseño y fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas implica una serie de pasos y consideraciones importantes. A continuación, se presenta un briefing de los principales aspectos a tener en cuenta en este proceso:

1. REQUERIMIENTOS DE CORTE

Es importante definir los requerimientos de corte, tales como el espesor y tipo de material, el tamaño de las planchas a cortar y la precisión requerida.

2. SELECCIÓN DE MATERIALES

Es necesario elegir materiales de alta calidad para la construcción del mecanismo, que sean resistentes a la abrasión y a la corrosión, como acero inoxidable y aleaciones resistentes al desgaste.

3. DISEÑO DEL MECANISMO

El diseño debe incluir la selección de los componentes y la distribución del peso para asegurar la estabilidad y precisión del mecanismo durante el corte. También se debe considerar la facilidad de uso y mantenimiento del sistema.

4. FABRICACIÓN

La fabricación del mecanismo debe seguir un proceso de alta precisión, que involucre técnicas de mecanizado y soldadura especializadas. La construcción debe seguir las especificaciones y tolerancias definidas en el diseño.

5. PRUEBAS Y AJUSTES

Una vez que se ha construido el mecanismo, se deben realizar pruebas para verificar su funcionamiento y precisión en el corte de planchas metálicas. Es posible que se requieran ajustes en el sistema para lograr la precisión requerida.

6. INSTALACIÓN Y CAPACITACIÓN

Finalmente, es importante asegurar que el mecanismo se instale correctamente y se capacite al personal para su uso y mantenimiento adecuado.

En resumen, el diseño y fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas requiere una planificación cuidadosa, la selección de materiales y técnicas de fabricación especializadas, pruebas rigurosas y capacitación del personal para lograr la precisión y eficiencia en el corte de planchas metálicas.

2.2 DISEÑOS CONCEPTUALES

A partir de las características principales necesarias para el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas, descritas en el Briefing anterior, se procede a la realización, a mano alzada, de diferentes diseños conceptuales que tienen algunas de estas características como eje vincular. A cada uno de estos bocetos se le ha realizado una breve descripción, así como un análisis de puntos fuertes y débiles, para finalmente hacer la selección de la propuesta más adecuada.

Boceto 1:

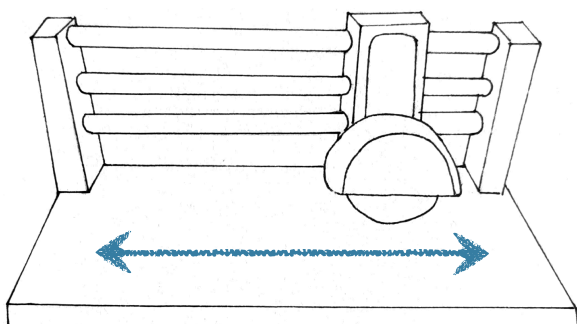


Figura 23. Boceto 1. Fuente: elaboración propia

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Geometría sencilla - Ocupa poco volumen - No necesita de un espacio fijo de trabajo 	<ul style="list-style-type: none"> - Superficie de corte limitada - Poca precisión en cortes de planchas grandes

Tabla 2. Fortalezas y debilidades del boceto 1. Fuente: elaboración propia

Descripción:

Estructura móvil para el corte de planchas metálicas. Para este mecanismo no es necesario tener un sitio fijo para utilizarlo, pero la superficie de corte viene muy limitada por sus dimensiones. Para hacer uso de este mecanismo, en primer lugar, se debería colocar la plancha metálica en la superficie plana inferior. En segundo lugar, se colocaría la amoladora en su sitio de anclaje y ajustando la altura según el grosor de la chapa. A continuación, se acciona la amoladora y, sujetándola con la mano se inicia el corte horizontal a través de la plancha.

Boceto 2:

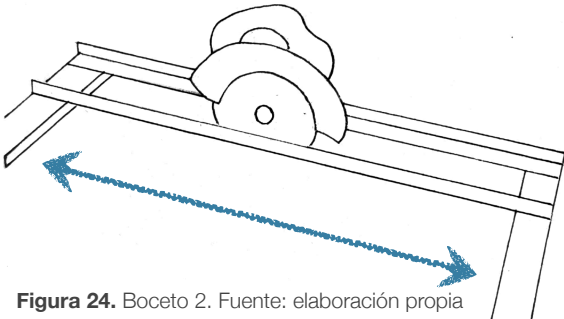


Figura 24. Boceto 2. Fuente: elaboración propia

Descripción:

Sistema manual para el corte de chapa a través de una guía lineal. Este tipo de mecanismo de corte requiere un sitio fijo de trabajo. Para hacer uso de él, en primer lugar, se coloca la plancha metálica que se quiere cortar entre las dos barras laterales y fijándonos que el sentido del corte que se quiere coincida con la dirección de la guía. En segundo lugar, se apoya la amoladora en la guía y, sin dejar que entre en contacto con la chapa, se acciona. Una vez puesta en marcha, se aproxima lentamente hacia la plancha y se inicia el corte a través de la guía de apoyo.

FORTALEZAS

- Estructura con montaje simple.
- Necesidad de pocos materiales para su construcción

DEBILIDADES

- Se necesita de un gran espacio para poder colocar el mecanismo
- Poca presión de corte, ya que, se trata de corte manual.

Tabla 3. Fortalezas y debilidades del boceto 2. Fuente: elaboración propia

Boceto 3:

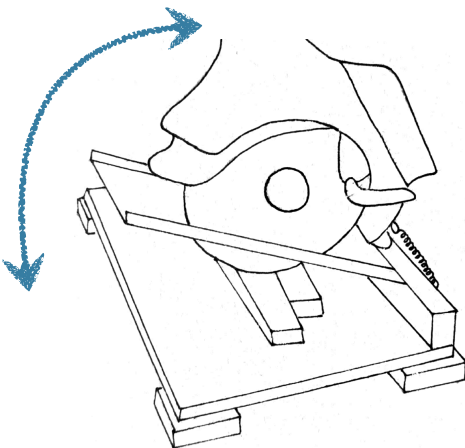


Figura 25. Boceto 3. Fuente: elaboración propia

FORTALEZAS

- Pequeñas dimensiones
- Fácil de usar
- Posibilidad de cortar chapas de diferentes grosores.

DEBILIDADES

- Fabricación más compleja
- Las dimensiones de la chapa están limitadas
- Al ser un mecanismo manual, es necesario emplear fuerza humana.

Tabla 4. Fortalezas y debilidades del boceto 3. Fuente: elaboración propia

Descripción:

Sistema de corte para planchas metálicas manual. La chapa metálica se colocaría debajo de la amoladora, apoyada en la superficie plana. Agarrando de la asa de la cortadora el usuario debería hacer un movimiento vertical hacia abajo y de esta manera hacer entrar en contacto la hoja de corte con la chapa, hasta cortarla. Una vez cortada la chapa, el usuario debe hacer un movimiento vertical hacia arriba, sin dejar de soltar el asa de la amoladora hasta llegar al punto máximo y así dejarla en el punto de reposo del mecanismo, gracias al muelle.

Boceto 4:

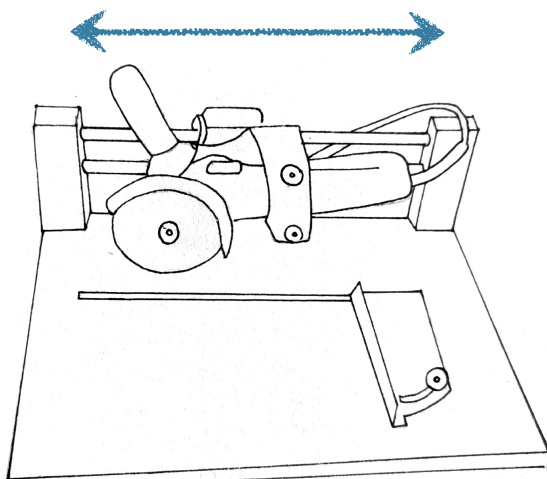


Figura 26. Boceto 4. Fuente: elaboración propia

FORTALEZAS	DEBILIDADES
<ul style="list-style-type: none"> - Estructura con montaje simple. - Uso sencillo. - Posibilidad de cortar linealmente y angularmente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Desanclaje de la amoladora un poco complejo. - Superficie de apoyo de la chapa limitada. - Sistema manual que requiere de fuerza humana.

Tabla 5. Fortalezas y debilidades del boceto 4. Fuente: elaboración propia

Descripción:

Este mecanismo permite hacer tanto cortes lineales como angulares, para chapas de diferentes grosores y tamaños. Para hacer uso de este mecanismo, en primer lugar, se ancla la amoladora a la estructura y se deja en posición de reposo, de tal manera que no entre en contacto con la superficie inferior. En segundo lugar, se coloca la plancha metálica para su posterior corte. A continuación, se determina la posición de corte de la amoladora según la colocación de la plancha y se acciona la amoladora para hacer el corte. Una vez finalizado el corte, se para la amoladora, se vuelve a dejar en su posición inicial de reposo y ya se puede extraer la plancha metálica.

2.3 DISEÑO FINAL

A continuación se presentan los procedimientos seguidos en la elaboración de la propuesta escogida. Se ha utilizado el programa de modelado SolidWorks, versión 2022-23 con licencia académica.

Así pues, se detalla el proceso de elaboración de cada uno de los componentes. El primer elemento diseñado ha sido el módulo que forma la estructura base, puesto que es lo más importante, ya que, esta estructura tiene que ser sólida y fuerte para no deformarse o romperse en el momento del corte, así como tener una superficie óptima para el corte de chapas metálicas de grandes dimensiones. Este módulo está formado por los siguientes componentes:

- ❖ Barra arco lateral
- ❖ Barra arco superior

- ❖ Barra estructura superior
- ❖ Barra estructura base lateral
- ❖ Barra estructura base

Todos estos componentes están fabricados a partir de barras de sección cuadrada o rectangular de acero, las cuales se sueldan para formar la estructura, tal y como podemos observar en la figura 27. Para poder dimensionar la estructura, se ha cogido como premisa que se pudiesen cortar chapas de hasta 1500mm de longitud a partir de una amoladora ya existente en el taller.

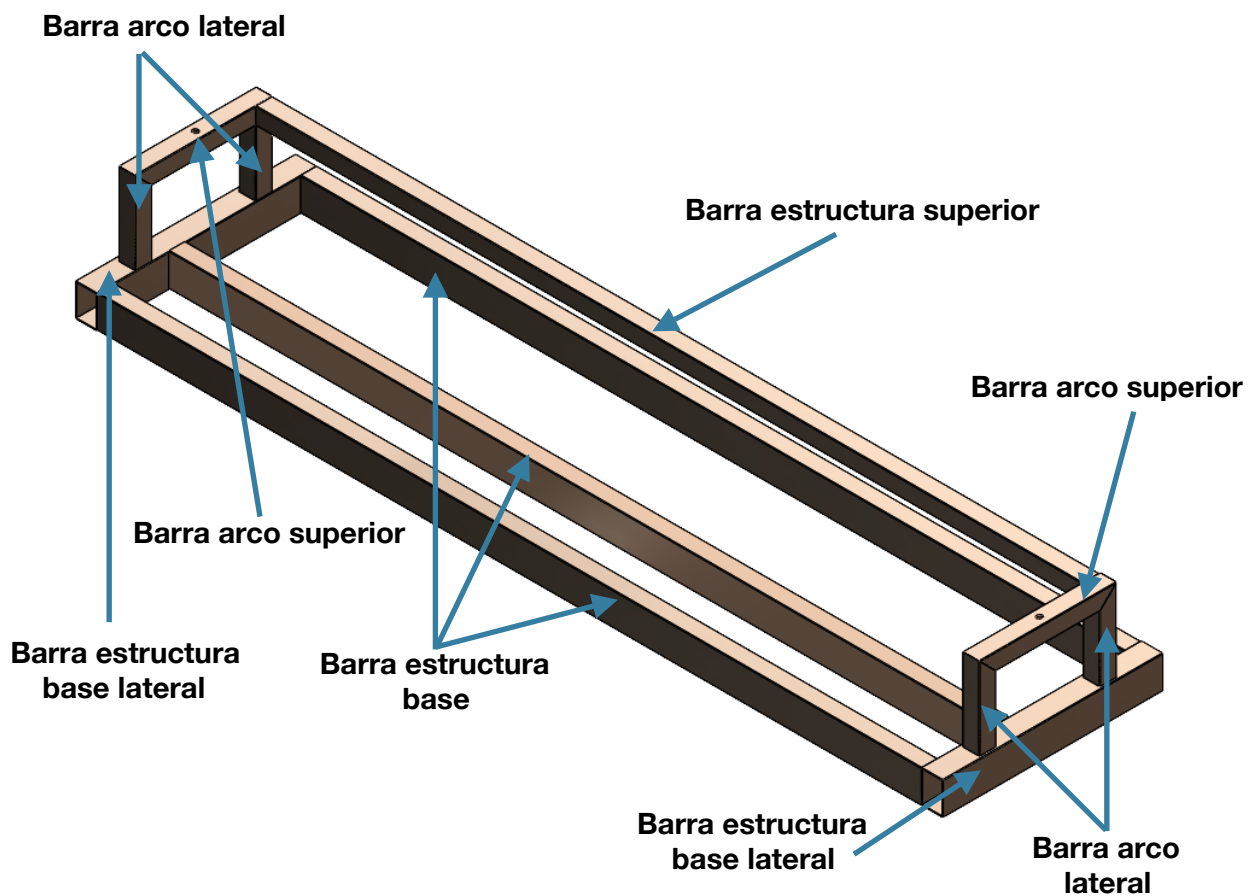


Figura 27. Estructura soldada del mecanismo. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se ha diseñado el mecanismo de avance de la amoladora durante el corte de chapa. Este mecanismo está formado por:

- ❖ Barra central
- ❖ El carro
- ❖ Las planchas metálicas para acoplar la amoladora
- ❖ Un sistema de muelle para ajustar la altura de corte de la amoladora

En primer lugar, se ha diseñado el carro que se desplazará a lo largo de la barra central para así hacer mover la amoladora horizontalmente. Este carro está formado por 4 barras de acero de sección 20x20x160mm (barra estructura amoladora) y 8 varillas roscadas M8 donde se le han colocado un total de 16 rodamientos, ajustados mediante tuercas M8, para que se deslicen por la barra central de sección 60x60mm, tal y como podemos ver en la figura 28.

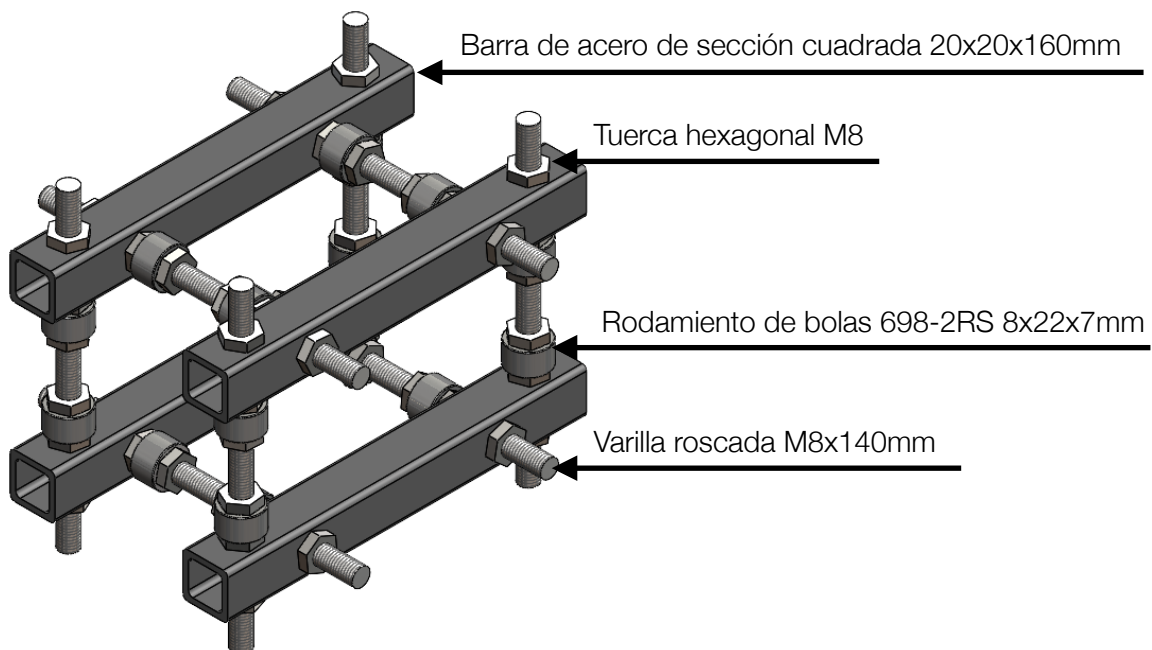


Figura 28. Estructura carro Fuente: elaboración propia.

A este carro se le ha unido una placa rectangular, la función de la cual es unir la amoladora al mecanismo de movimiento. Por un lado, encontramos una placa fija unida al carro y, por otro, otra placa, anclada a la primera, la cual se puede regular su posición angular mediante el sistema de muelle que podemos observar en la Figura 29.

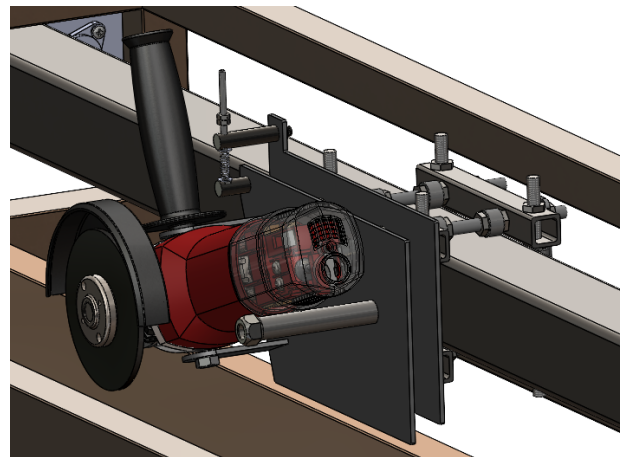


Figura 29. Sistema de fijación de la amoladora al carro. Fuente: elaboración propia.

La amoladora quedará fijada al carro mediante las orejas laterales que se fijan con tornillos a la propia amoladora y, una barra circular en el otro extremo dónde se apoya el cuerpo de la herramienta (Figura 30).

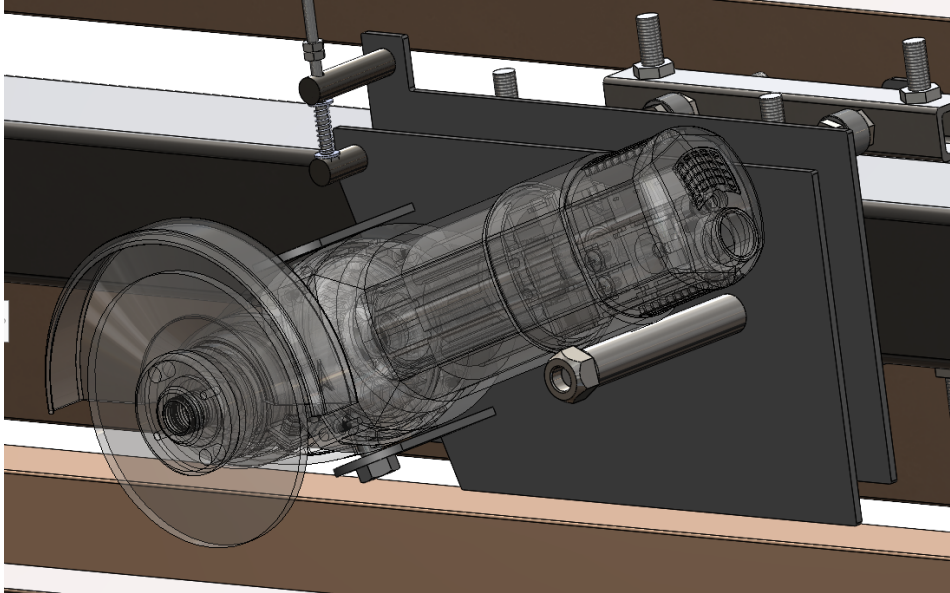


Figura 30. Sistema de anclaje de la amoladora. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, si nos fijamos en el lateral izquierdo del mecanismo, encontramos ubicado el motor, el cual irá alimentado para que accione el mecanismo de corte (Figura 31). Este motor va anclado a una varilla roscada que se sitúa a lo largo de todo el mecanismo y se fija por ambos extremos mediante una chapa de acero y un cojinete con soporte (Figura 34). Cuando el motor se acciona, la varilla empieza a girar y, gracias al anclaje que tiene la varilla al carro (Figura 33), este se empieza a mover a lo largo de la barra central, para ejecutar el corte lineal de la chapa metálica.

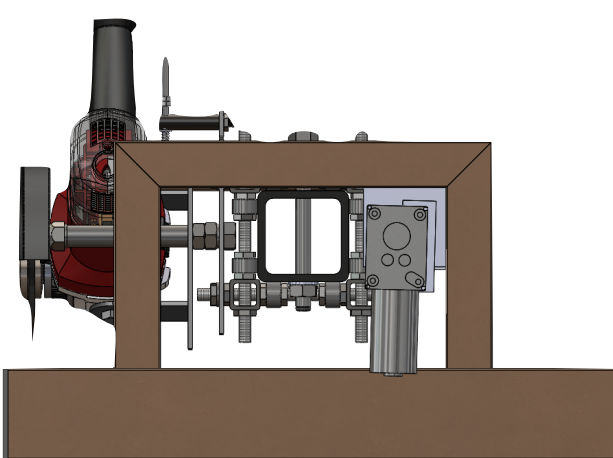


Figura 31. Lateral izquierdo. Fuente: elaboración propia.

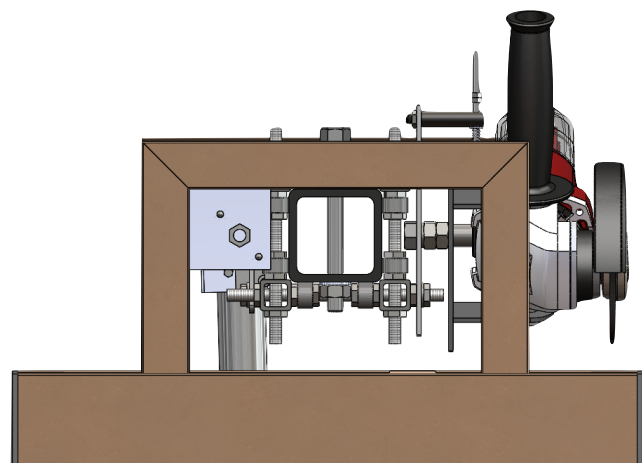


Figura 32. Lateral derecho. Fuente: elaboración propia.

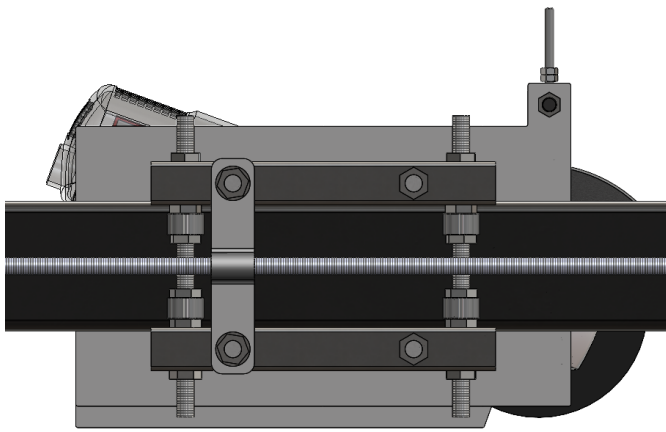


Figura 33. Anclaje varilla-carro. Fuente: elaboración propia.

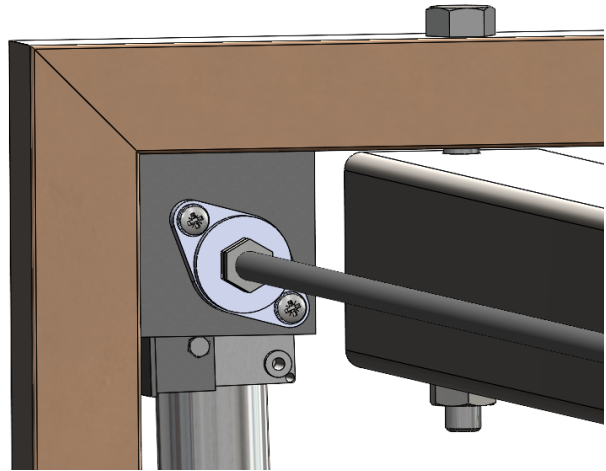


Figura 34. Fijación varilla roscada. Fuente: elaboración propia.

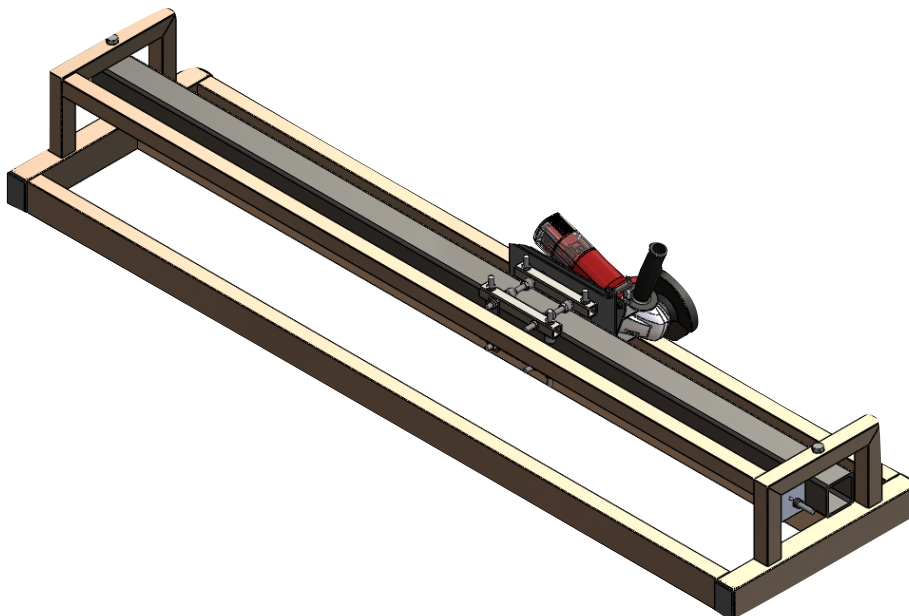


Figura 35. Vista isométrica trasera del conjunto. Fuente: elaboración propia.

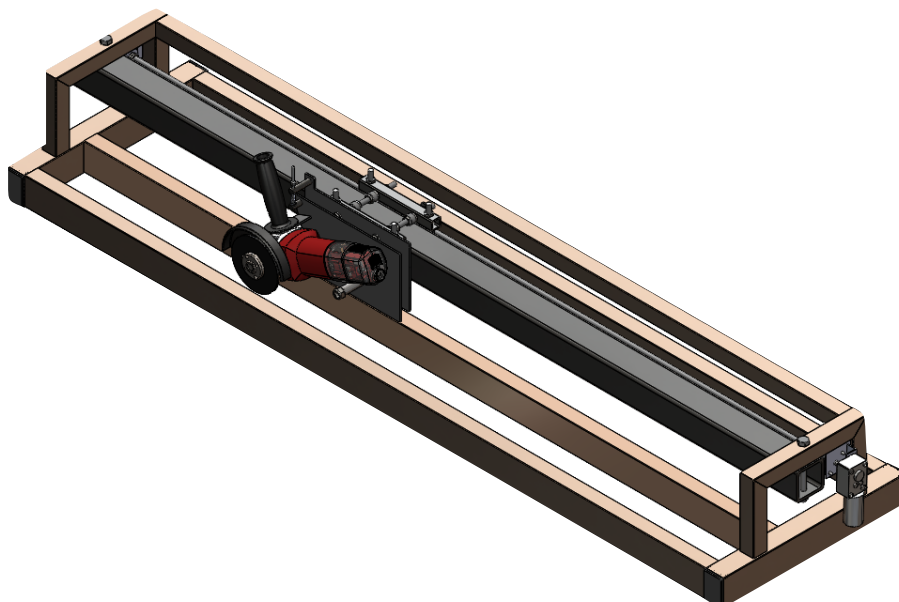


Figura 36. Vista isométrica delantera del conjunto. Fuente: elaboración propia.

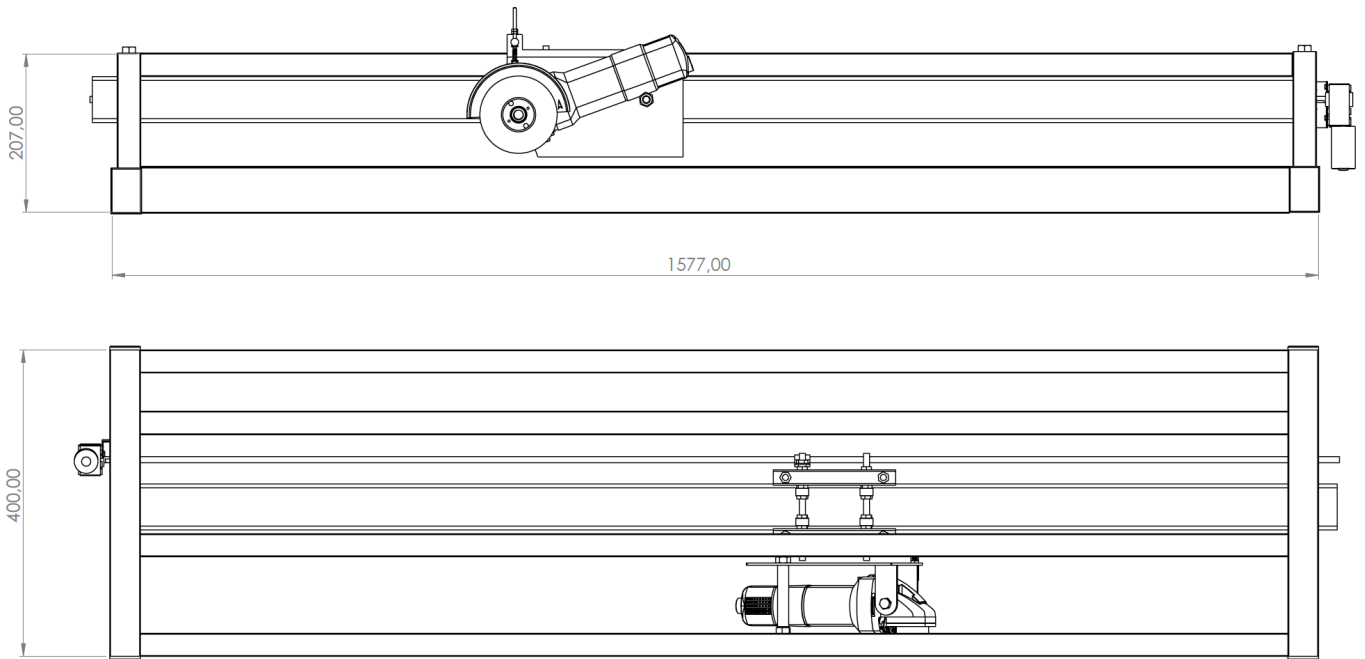


Figura 37. Dimensionado del producto final. Fuente: elaboración propia.

Por último, se ha elaborado una maqueta a tamaño real para tener una aproximación al mecanismo final y ver si el diseño es viable, constructivamente hablando. Como conclusión se puede decir que el modelo diseñado es correcto y viable para su fabricación.

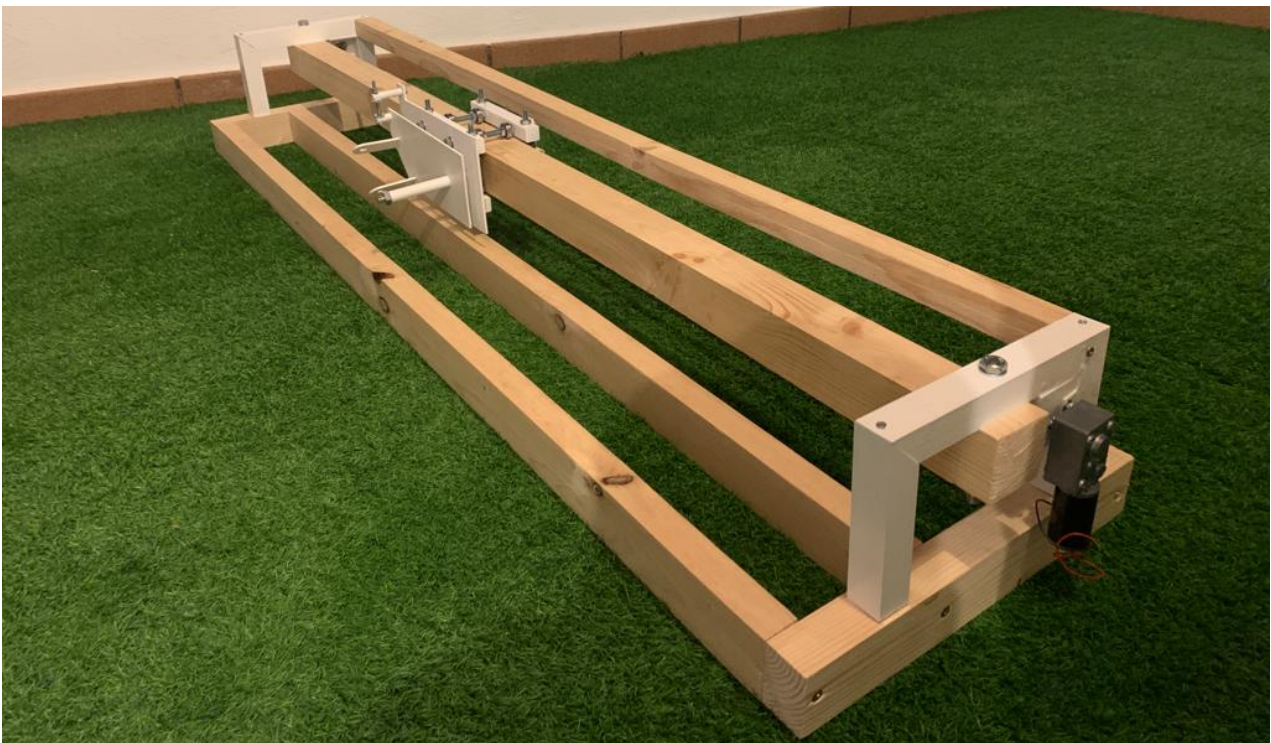


Figura 38. Maqueta a tamaño real del mecanismo diseñado. Fuente: elaboración propia.

3.

INDUSTRIALIZACIÓN: CÁLCULOS Y FABRICACIÓN

3.1 ESTUDIO Y ANÁLISIS DE FRECUENCIA

De todos los elementos que forman el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas, la barra central es el punto más crítico, ya que, es donde se encuentra la amoladora, el elemento principal de trabajo y donde se concentran la mayoría de esfuerzos, tensiones y vibraciones de la estructura. Es por ese motivo que se considera necesario hacer el estudio y análisis de frecuencia de la barra central del mecanismo.

El estudio de las frecuencias naturales de vibración en barras metálicas es de gran importancia en la ingeniería estructural y mecánica. Estas frecuencias naturales determinan los posibles modos de vibración de la barra y son fundamentales para comprender su respuesta dinámica ante cargas o excitaciones externas.

La determinación de las frecuencias naturales de vibración de una barra metálica depende de varios factores, incluyendo la geometría de la barra, las condiciones de contorno y las propiedades mecánicas del material. En general, los métodos analíticos exactos para calcular las frecuencias naturales de una barra son complejos y se utilizan en casos específicos con condiciones y geometrías simples. Sin embargo, existen métodos aproximados que se utilizan con mayor frecuencia en la práctica. A continuación, se presenta una breve descripción de algunos de estos métodos.

- **Método de Euler-Bernoulli:** Este método considera que la barra se comporta como una viga delgada y larga. Se asume que las deformaciones son pequeñas y las secciones transversales permanecen planas. Las frecuencias naturales se pueden obtener mediante la resolución de la ecuación diferencial de Euler-Bernoulli para las vibraciones transversales de la barra. Este método es aplicable a barras rectas y uniformes.
- **Método de Rayleigh-Ritz:** Este método utiliza una función de aproximación para describir el modo de vibración de la barra y determina las frecuencias naturales minimizando la energía potencial total del sistema. Se pueden utilizar diferentes tipos de funciones de aproximación, como funciones polinómicas o funciones sinusoidales. Este método es ampliamente utilizado debido a su flexibilidad para tratar con diferentes geometrías y condiciones de contorno.

- **Método de los elementos finitos (MEF):** El MEF es una técnica numérica ampliamente utilizada para analizar estructuras complejas, incluidas las barras metálicas. En este método, la barra se divide en elementos finitos y se resuelve un sistema de ecuaciones para determinar las frecuencias naturales y los modos de vibración correspondientes. El MEF permite modelar barras con geometrías arbitrarias y condiciones de contorno más realistas.

Es importante destacar que las frecuencias naturales de vibración de una barra metálica dependen también de las propiedades mecánicas del material, como su módulo de elasticidad y su densidad.

SolidWorks es un software de diseño asistido por computadora (CAD) ampliamente utilizado en la industria para el modelado 3D y el análisis de estructuras. En *SolidWorks*, se puede realizar el estudio de las frecuencias naturales de vibración de barras metálicas utilizando la funcionalidad de análisis de elementos finitos (FEA) que proporciona el software.

A continuación, se describe el proceso que se ha seguido para el análisis de la frecuencia y determinación de la frecuencia natural, así como las correspondientes formas modales para la barra central del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas. Como aclaración, el modelo estudiado no está sometido a ningún tipo de carga y las sujeciones están en los orificios situados en ambos extremos de la barra.

1. **Creación del modelo de la barra metálica:** Se diseña la barra metálica central creando así el modelo tridimensional. Se definen las dimensiones, la geometría y las condiciones de contorno necesarias.

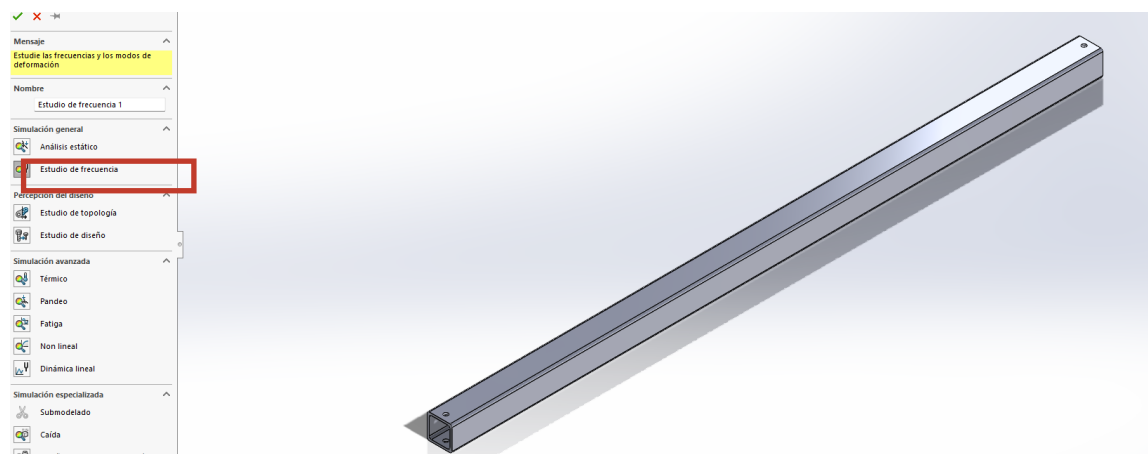


Figura 39. Vista en el SolidWorks para el estudio de frecuencia de la barra central. Fuente: elaboración propia SolidWorks

2. **Configuración del análisis de frecuencia:** Se el número de modos a calcular, en este caso 4.
3. **Aplicación de las propiedades del material.** Se le asigna el material de la barra, en este caso, el acero aleado. De esta manera se definen las propiedades mecánicas del material de la barra metálica al modelo (módulo de elasticidad, la densidad y otras características relevantes del material).

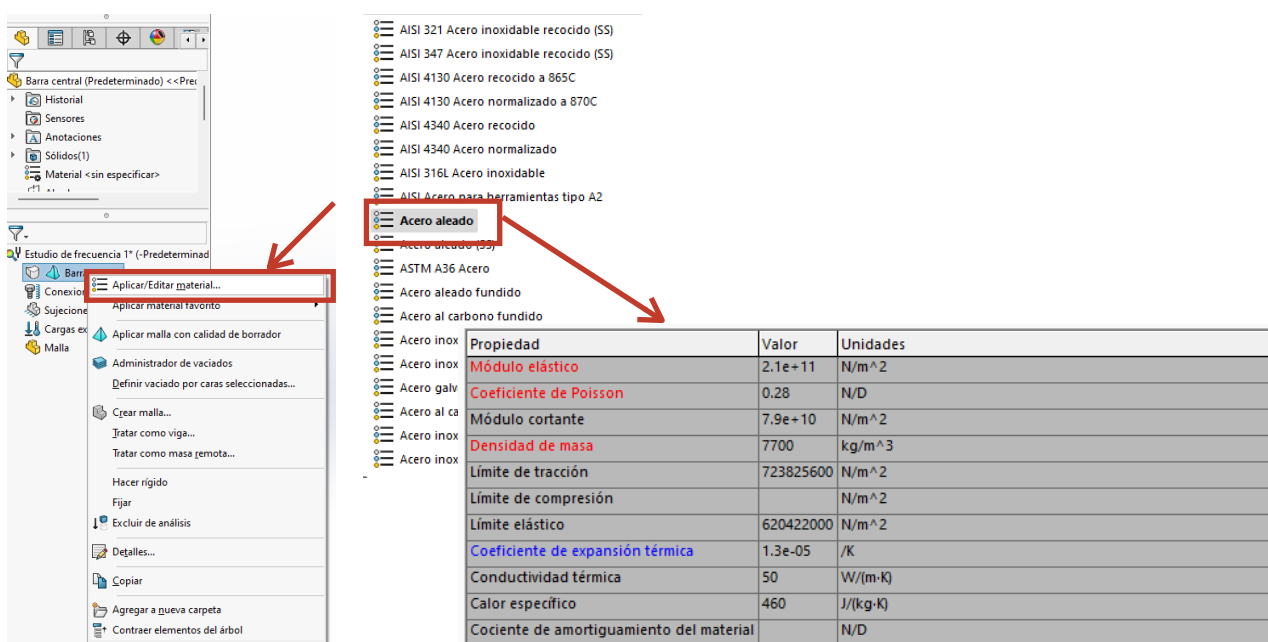


Figura 40. Vista en el SolidWorks en la aplicación del material para la simulación Fuente: elaboración propia SolidWorks.

4. **Definición de las restricciones y cargas:** se selecciona el tipo de sujeción que tiene la barra. Este caso se trata de una geometría fija por cada uno de los orificios de los extremos de la barra.

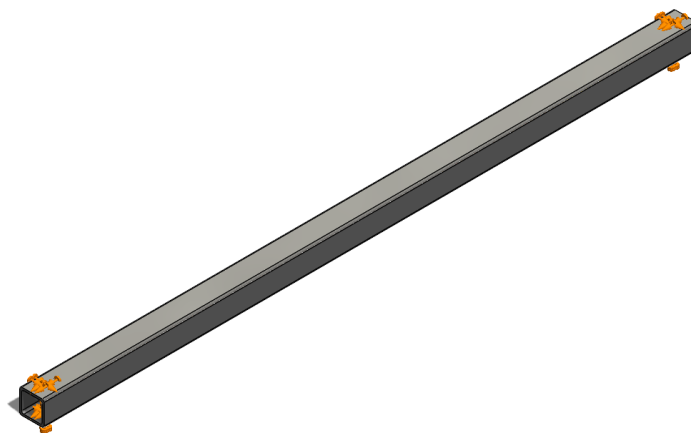


Figura 41. Vista en el SolidWorks de los puntos fijos de la barra metálica para el estudio de frecuencias. Fuente: elaboración propia SolidWorks

5. **Generación de la malla de elementos finitos:** Se divide la barra en elementos finitos mediante la generación de una malla. En este caso se genera una malla estándar con tamaño global 4mm y, por defecto, 0.2mm de tolerancia.

Con estos puntos comentados, ya se puede dar por definida la pieza para generar las frecuencias naturales y los modos de vibración correspondientes a la barra metálica.

6. **Resultados y visualización:** una vez ejecutado el modelo obtenemos los 4 modos de frecuencia con su valor y la simulación de su deformación.

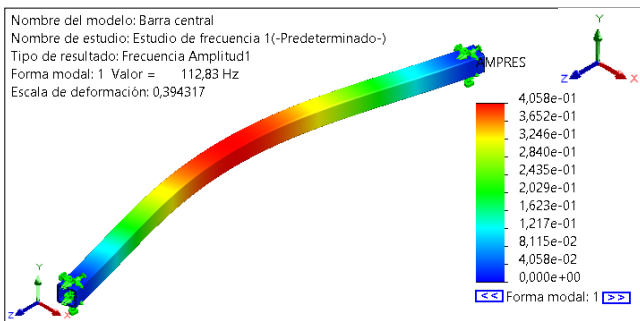


Figura 42. Vista isométrica del modo 1 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

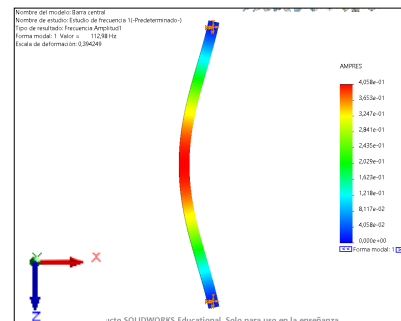


Figura 43. Plano X—Z del modo 1 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

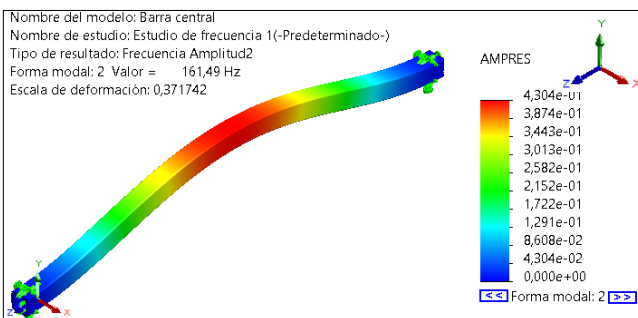


Figura 44. Vista isométrica del modo 2 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

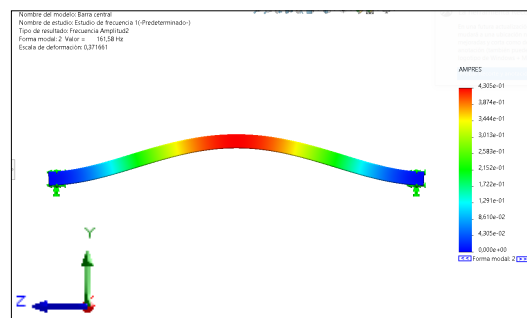


Figura 45. Plano Y—Z del modo 2 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

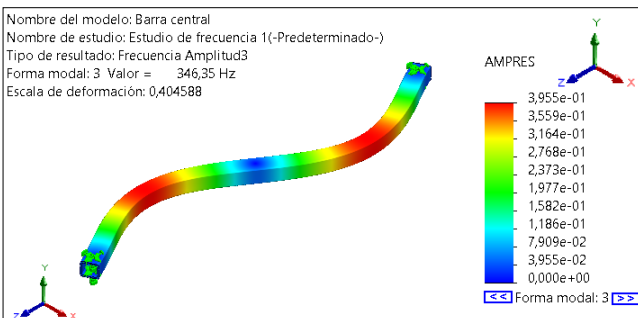


Figura 46. Vista isométrica del modo 3 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

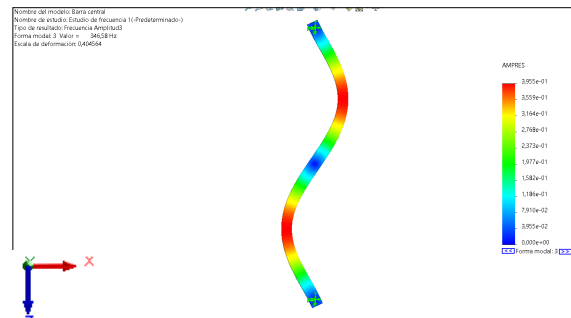


Figura 47. Plano X—Z del modo 3 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

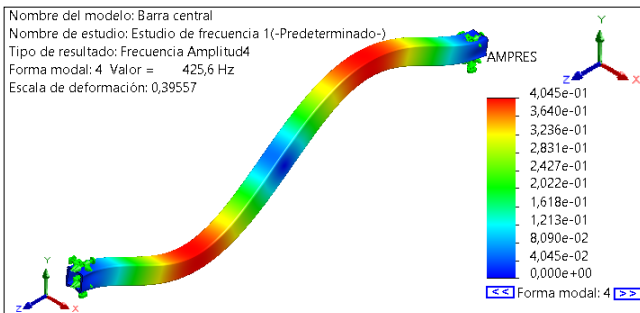


Figura 48. Vista isométrica del modo 4 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

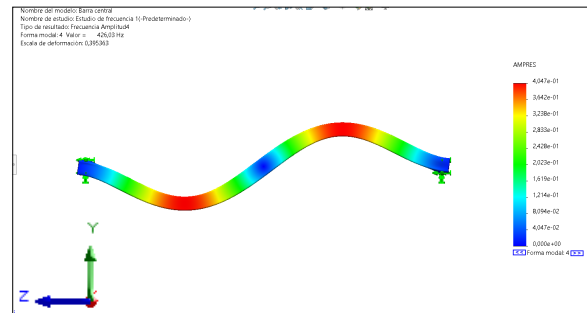


Figura 49. Plano Y—Z del modo 4 de frecuencia de la barra.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

Es importante destacar que el estudio de las frecuencias naturales de vibración en SolidWorks es una simplificación y aproximación del comportamiento real de la barra metálica. Los resultados obtenidos se pueden considerar como una aproximación y por esa razón se procede a validarlo mediante métodos adicionales.

En este caso, se procede a calcular la frecuencia fundamental ($n=1$) de la barra mediante la siguiente fórmula:

$$f_n = \frac{(\pi n)^2}{2\pi} \sqrt{\frac{EIg}{wL^4}} \quad [1]$$

Donde:

f_n : es la frecuencia del modo n .

E : módulo de Young de la viga de acero.

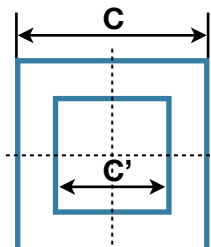
I : El momento de inercia de la viga de sección cuadrada vacía.

g : aceleración de la gravedad $9,8\text{m/s}^2$.

w : masa por unidad de longitud de la viga.

L : luz entre apoyos.

Para el cálculo del momento de inercia, partimos de la siguiente fórmula:



$$I = \frac{1}{12}(C^4 - C'^4) = \frac{1}{12} \times (0,06^4 - 0,05^4) = 559,16 \times 10^{-9}\text{m}^4 \quad [2]$$

Figura 50. sección cuadrada de la barra.

Fuente: elaboración propia.

A partir de la densidad del acero 7.700 kg/m^3 y el área de la sección cuadrada de la barra:

$$w = \delta \times A = 7.700 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times (0,06^2 - 0,05^2) \text{m}^2 = 8,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad [3]$$

Como distancia L tomamos la distancia entre los dos puntos de apoyo de la barra:

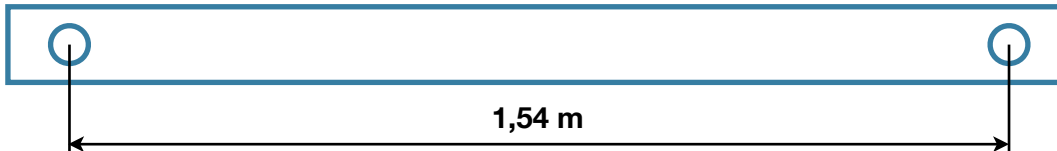


Figura 51. Luz entre apoyos de la barra central. Fuente: elaboración propia.

Con estos datos calculados se procede al cálculo de la frecuencia fundamental:

$$f_1 = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{2,100615 \times 10^{11} \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 559,16 \times 10^{-9} \text{m}^4 \times 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{8,47 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \times 1,54^4 \text{m}^4}} = 244,13 \text{Hz} \quad [4]$$

Mediante el cálculo de la frecuencia fundamental obtenemos un resultado de $244,13 \text{Hz}$. A continuación pasamos a analizar este dato y comprobar si es correcto este valor según los resultados obtenidos en la simulación con SolidWorks.

En primer lugar, si nos fijamos en la simulación del modo 1 (Figura 42 y 43) y del modo 3 (Figura 46 y 47), se observa cómo se deformaría la barra en el caso de ejercer una fuerza en el sentido del eje de las X. Este caso de estudio no nos interesa, ya que, el mecanismo diseñado no se ve sometido a ninguna fuerza en ese sentido.

Sin embargo, en el análisis de frecuencia del modo 2 (Figura 43 y 44) y el modo 4 (Figura 47 y 48), la barra se deforma en el plano Y-Z. Esta deformación se debe al mismo esfuerzo que hace la amoladora para cortar la chapa metálica, lo que provoca una fuerza F2 en el eje Y

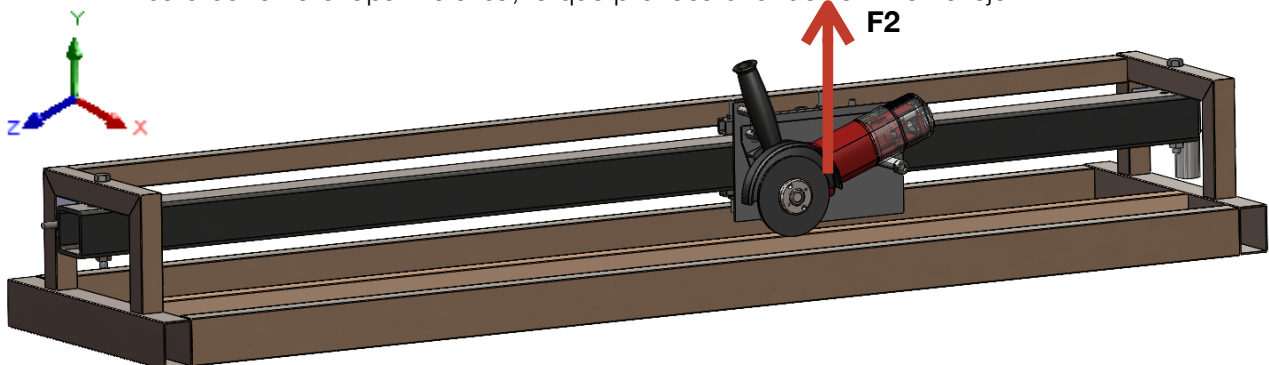


Figura 52. Vista isométrica del mecanismo de avance y la dirección de las fuerzas a las que se ve sometida la barra central. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

El resultado obtenido a partir de la fórmula dista del resultado que obtenemos con la simulación en SolidWorks, ya que la fórmula que se utiliza para el cálculo de la frecuencia es para el caso de barras apoyadas por ambos extremos. En cambio, en la simulación del SolidWorks las condiciones de la barra analizada son diferentes, ya que, se considera que la barra está empotrada por ambos extremos.

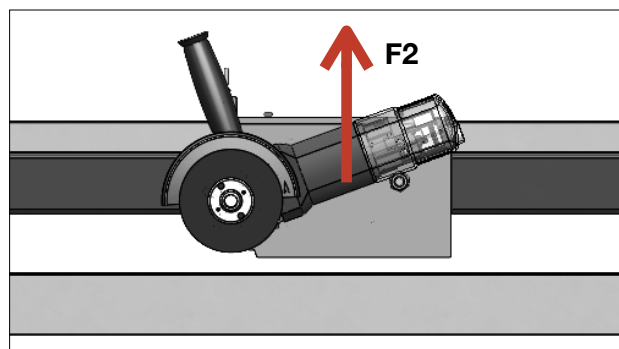


Figura 53. Vista detallada de la fuerza en dirección del eje Y.
Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

Como conclusión, debemos tener en cuenta que, cuando el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas esté en funcionamiento, el valor de frecuencia que no debe sobrepasar es el obtenido mediante la simulación en SolidWorks, ya que, se analiza la barra de una forma más completa y precisa que no con sólo el cálculo de la fórmula. Pero el valor obtenido a partir de la fórmula se puede dar por válido, ya que, son del mismo orden de magnitud. Por lo tanto, en este caso, la frecuencia no puede tomar valores superiores a 161,49Hz, ya que si esto sucede, la barra central empezaría a entrar en resonancia y el corte obtenido no sería preciso.

3.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MONTAJE

A continuación, se detalla el proceso a seguir para el montaje del mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas.

Preparación

1. Verifica que tienes todas las herramientas necesarias para el montaje: llave inglesa (17, 13, 7), llave inglesa ajustable, sierra automática, punzón, llave Allen.
2. Asegúrate de tener todos los componentes requeridos para el montaje. Revisa el inventario que aparece listado en el plano 1 del Anexo I_Planos y confirma que todo esté presente.



Figura 54. De izquierda a derecha (llave Allen, llave inglesa del 7, del 13 y del 17 y llave inglesa ajustable). Fuente: elaboración propia.

Corte de componentes

Procedemos al corte de componentes según indicado en las hojas de ruta que podrás encontrar en el Anexo II_Hojas de ruta.

Montaje del Mecanismo

Empezaremos montando el carro del mecanismo de avance. Para ello se necesitará:

- ❖ Barra estructura amoladora (x4)
- ❖ Varilla roscada 2 (x8)
- ❖ Tuerca hexagonal DIN933 M8 (x64)
- ❖ Rodamiento de bolas 698-2RS 8x22x7 (x16)

En primer lugar, preparamos el conjunto de la varilla roscada con las tuercas y cojinete tal y como se puede observar en la figura 55. Este proceso hay que repetirlo 8 veces, tantas como varillas roscadas hay.

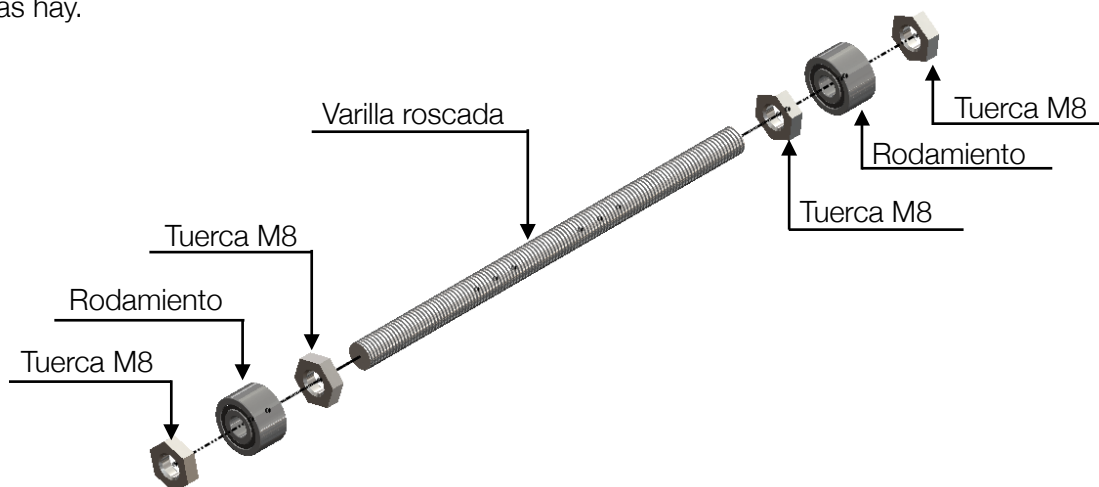


Figura 55. Montaje varilla roscada. Fuente: elaboración propia.

La distancia que debe haber entre las dos tuercas internas es de 21mm (Figura 56).

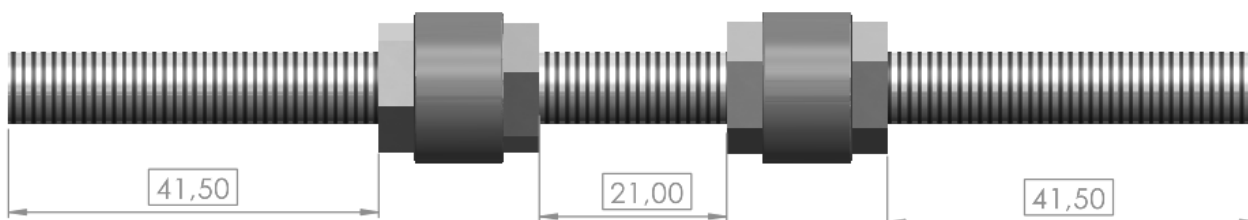


Figura 56. Vista frontal conjunto varilla-tuerca-rodamiento. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.

Una vez tenemos hecha la configuración de las 8 varillas roscadas, proseguimos a la unión de estas con las barras estructura amoladora, tal y como se muestra a continuación (Figura 57, 58 y 59).

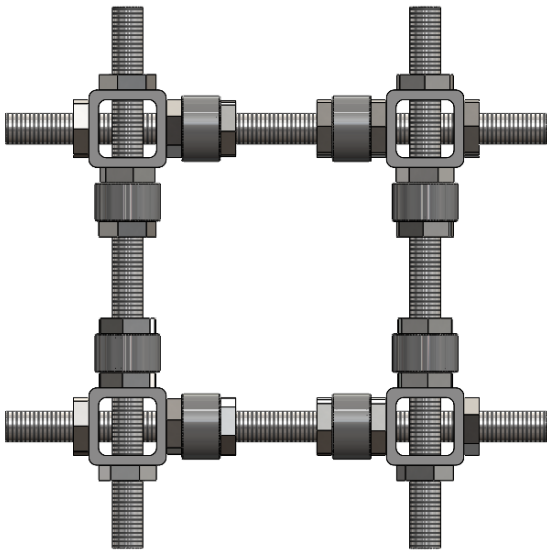


Figura 57. Vista lateral conjunto varilla-tuerca-rodamiento-barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.

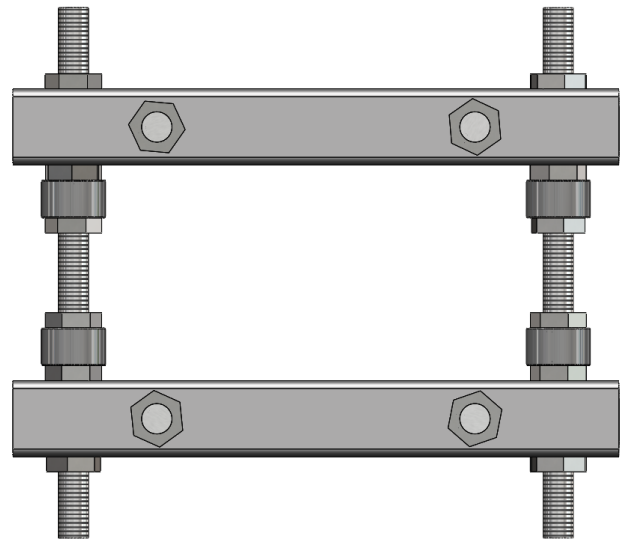


Figura 58. Vista frontal conjunto varilla-tuerca-rodamiento-barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.

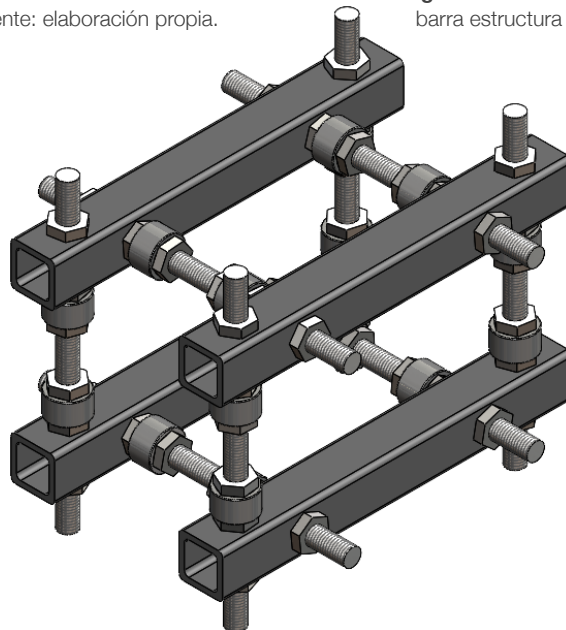


Figura 59. Vista isométrica conjunto varilla-tuerca-rodamiento-barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.

Una vez tenemos el carro listo, comprobamos que este pasa correctamente por la barra central y se desliza a través de ella gracias a los rodamientos.



Figura 60. Vista isométrica conjunto carro-barra central. Fuente: elaboración propia.

A continuación, proseguimos al montaje de las placas trasera y delantera de soporte de la amoladora. Una vez estas dos piezas han sido preparadas tal y como se especifica en las hojas de ruta (Anexo II), se prepara la placa delantera soporte amoladora para soldar las orejas soporte amoladora a la estructura (Figura 61 y 62).

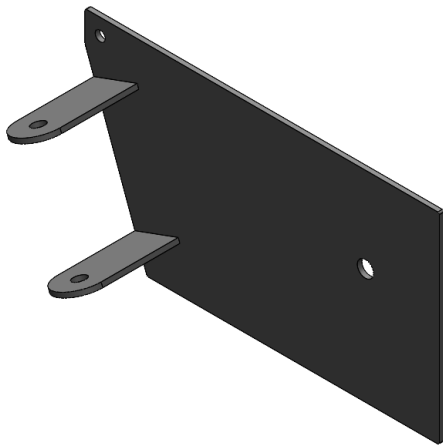


Figura 61. Unión mediante soldadura de la placa delantera soporte amoladora y las orejas soporte amoladora. Fuente: elaboración propia.



Figura 62. Unión mediante soldadura de la placa delantera soporte amoladora y las orejas soporte amoladora. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.

A continuación, pasamos a soldar los laterales de la estructura. Cada uno de estos laterales están formados por la barra estructura base lateral, dos barras arco lateral y una barra arco superior.

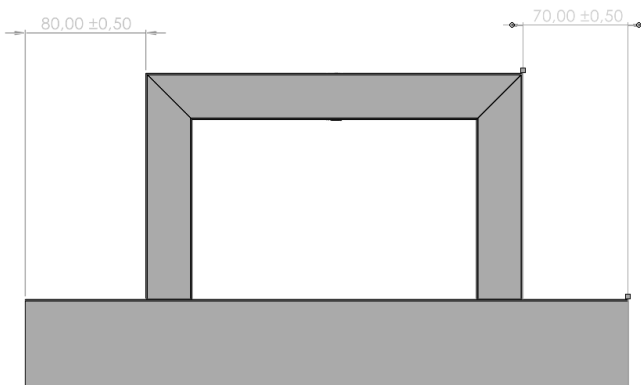


Figura 63. Vista frontal de las barras soldadas. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.

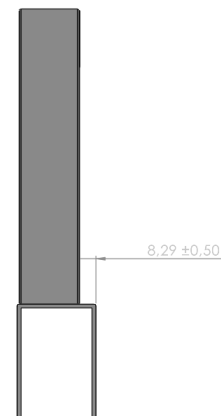


Figura 64. Vista lateral de las barras soldadas. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.

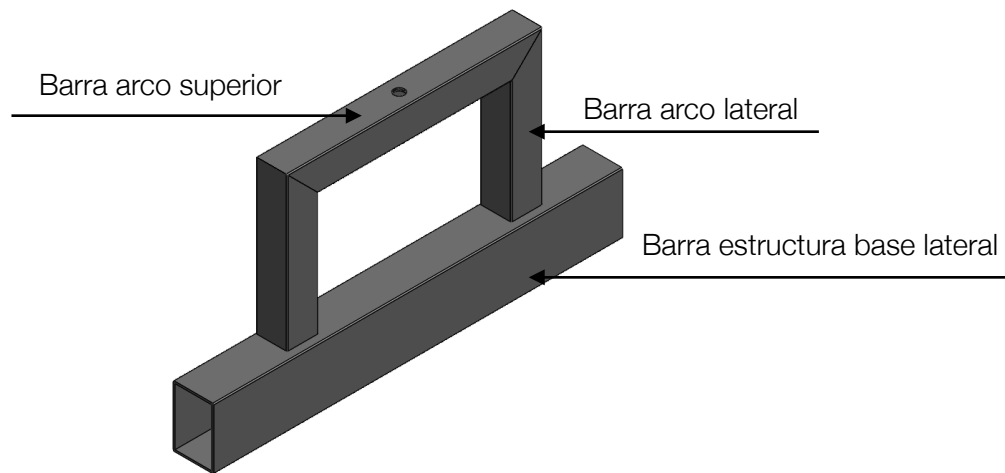


Figura 65. Vista isométrica de las barras soldadas. Fuente: elaboración propia.

Una vez tenemos los dos laterales soldados, pasamos a soldar las tres barras estructura base y la barra estructura superior, tal y como se muestra en la Figura 66 y 67.

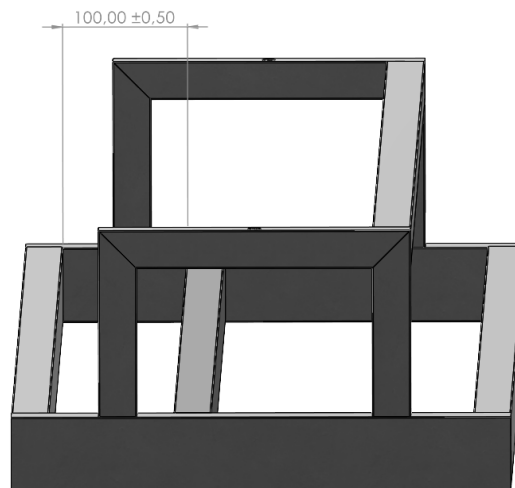


Figura 66. Distancia entre barras estructura base. Cotas en mm. Fuente: elaboración propia.

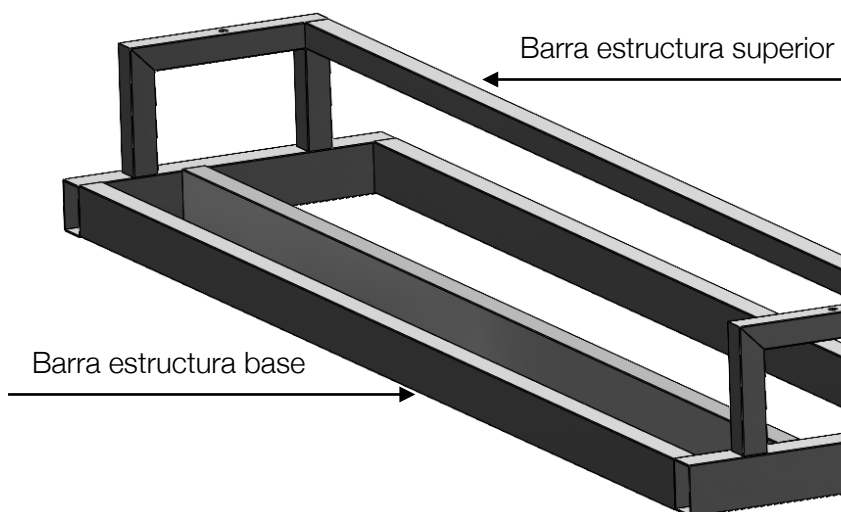


Figura 67. Vista isométrica de la estructura soldada. Fuente: elaboración propia.

Una vez tenemos la estructura soldada, proseguimos a colocar las sujeciones para la varilla roscada central. Para ello, necesitaremos:

- ❖ Chapa soporte cojinete
- ❖ Chapa soporte cojinete motor
- ❖ Soporte rodamiento (x2)
- ❖ Tuerca M8 (x8)
- ❖ Tornillo M4x13mm (x4)
- ❖ Arandela M4 (x4)

En primer lugar, soldamos ambas chapas a la estructura, tal y como podemos observar a continuación.

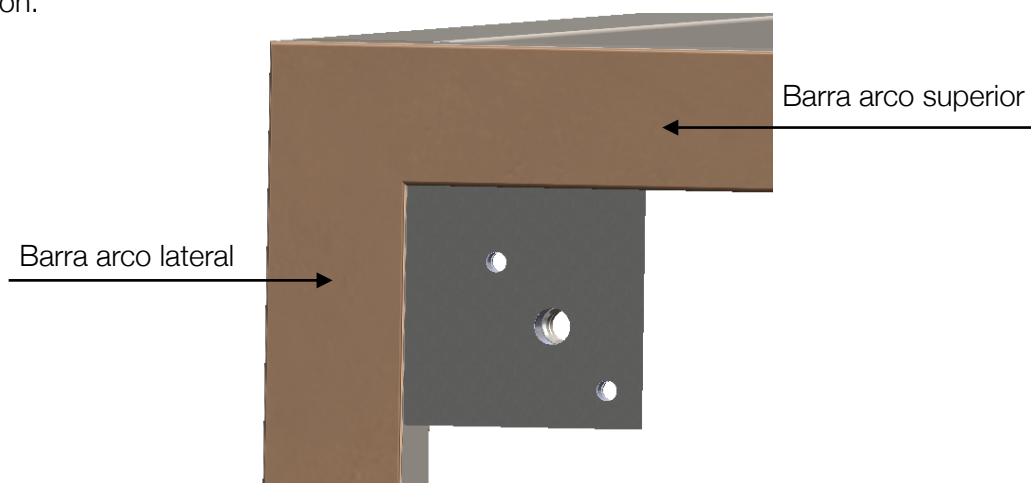


Figura 68. Detalle chapa soldada a la estructura. Fuente: elaboración propia.

A continuación debemos introducir la pieza “soporte mecanismo transmisor” por la varilla, hasta dejarla a media altura (Figura 66). Una vez hecho este paso, proseguimos al montaje del soporte para la varilla, tal y como se muestra en el siguiente despiece.

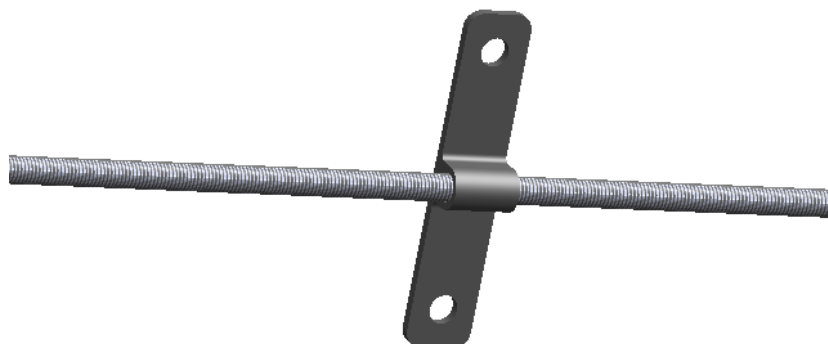


Figura 69. Detalle varilla roscada con soporte mecanismo transmisor. Fuente: elaboración propia.

A continuación, fijamos la barra central a la estructura. Para ello necesitaremos:

- ❖ Barra central
- ❖ Carro
- ❖ Tornillo M10x110mm (x2)
- ❖ Arandela M10 (x2)
- ❖ Tuerca M10 (x2)

Introducimos el carro por la barra central y situamos la barra central en la estructura tal y como observamos en la Figura 70.

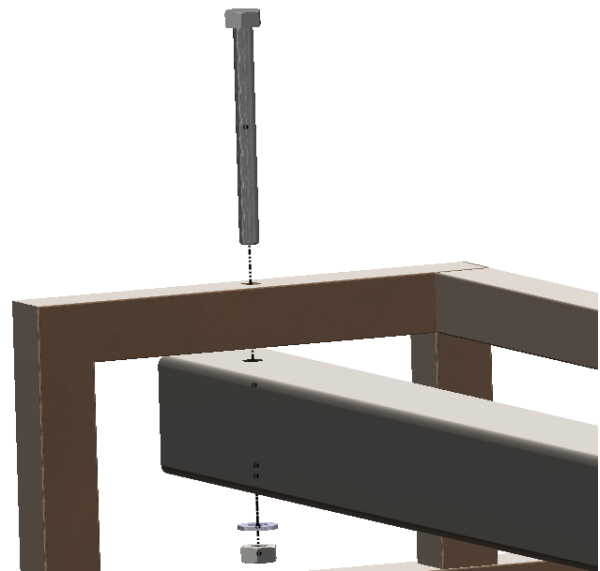


Figura 70. Detalle fijación barra central a la estructura. Fuente: elaboración propia.

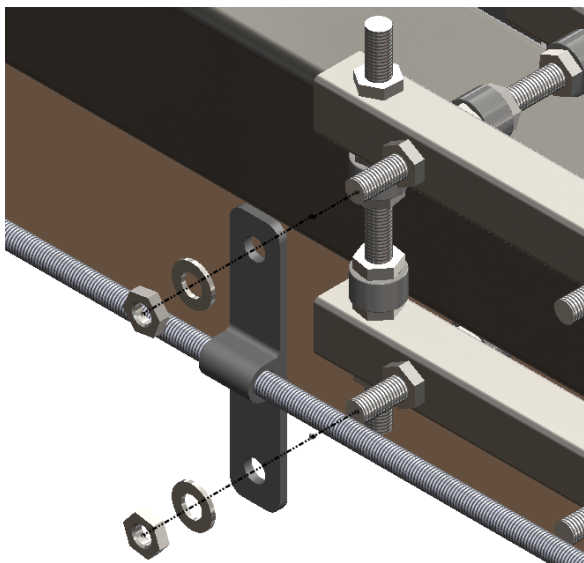


Figura 71. Detalle fijación varilla central al carro. Fuente: elaboración propia.

A continuación, fijamos la varilla roscada al carro mediante la pieza “soporte mecanismo transmisor” que hemos introducido anteriormente (Figura 71) y, a las chapas anteriormente soldadas (Figura 72). La fijación de la varilla al carro la hacemos mediante dos arandelas M8 y dos tuercas M8.

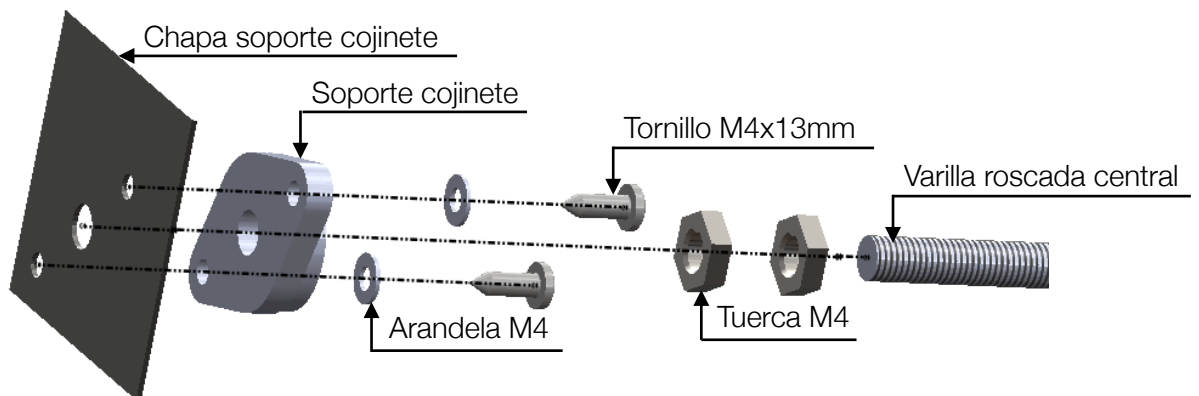


Figura 72. Detalle fijación varilla central a las chapas soldadas. Fuente: elaboración propia.

Así es como debería quedar todo el conjunto que llevamos montado hasta el momento.

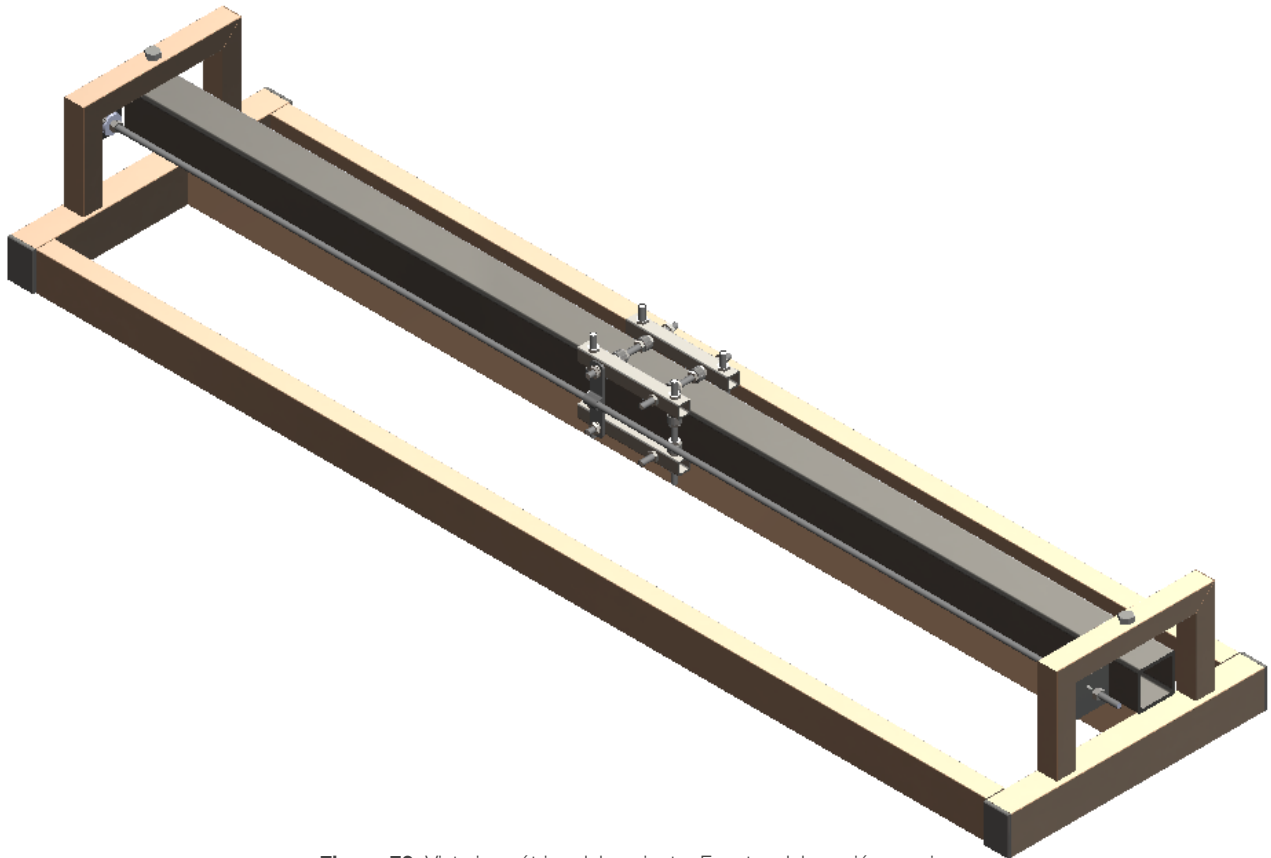


Figura 73. Vista isométrica del conjunto. Fuente: elaboración propia.

El siguiente paso será ensamblar las piezas para poder acoplar la amoladora al mecanismo. Para ello necesitaremos las siguientes piezas:

- ❖ Placa trasera soporte
- ❖ Placa delantera soporte
- ❖ Arandela M8 (x4)
- ❖ Arandela M10 (x2)
- ❖ Tuerca M8 (x4)
- ❖ Tuerca M10 (x2)
- ❖ Tuerca autoblocante M10 (x1)
- ❖ Tuerca M6 (x2)
- ❖ Tuerca M4 (x2)
- ❖ Arandela M4 (x2)
- ❖ Muelle

- ❖ Tornillo M4x70mm (x1)
- ❖ Soporte muelle superior
- ❖ Soporte muelle inferior

Para hacer el ensamblaje de estas piezas seguiremos el esquema que se muestra a continuación:

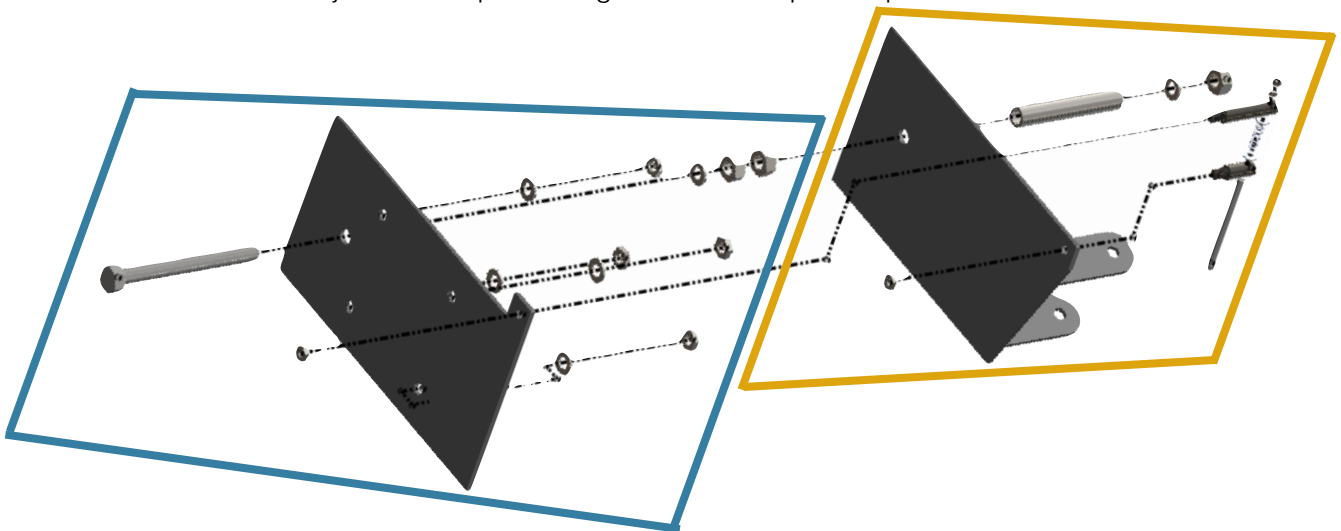


Figura 74. Vista isométrica del explosionado para el montaje del sistema de agarre de la amoladora. Fuente: elaboración propia.

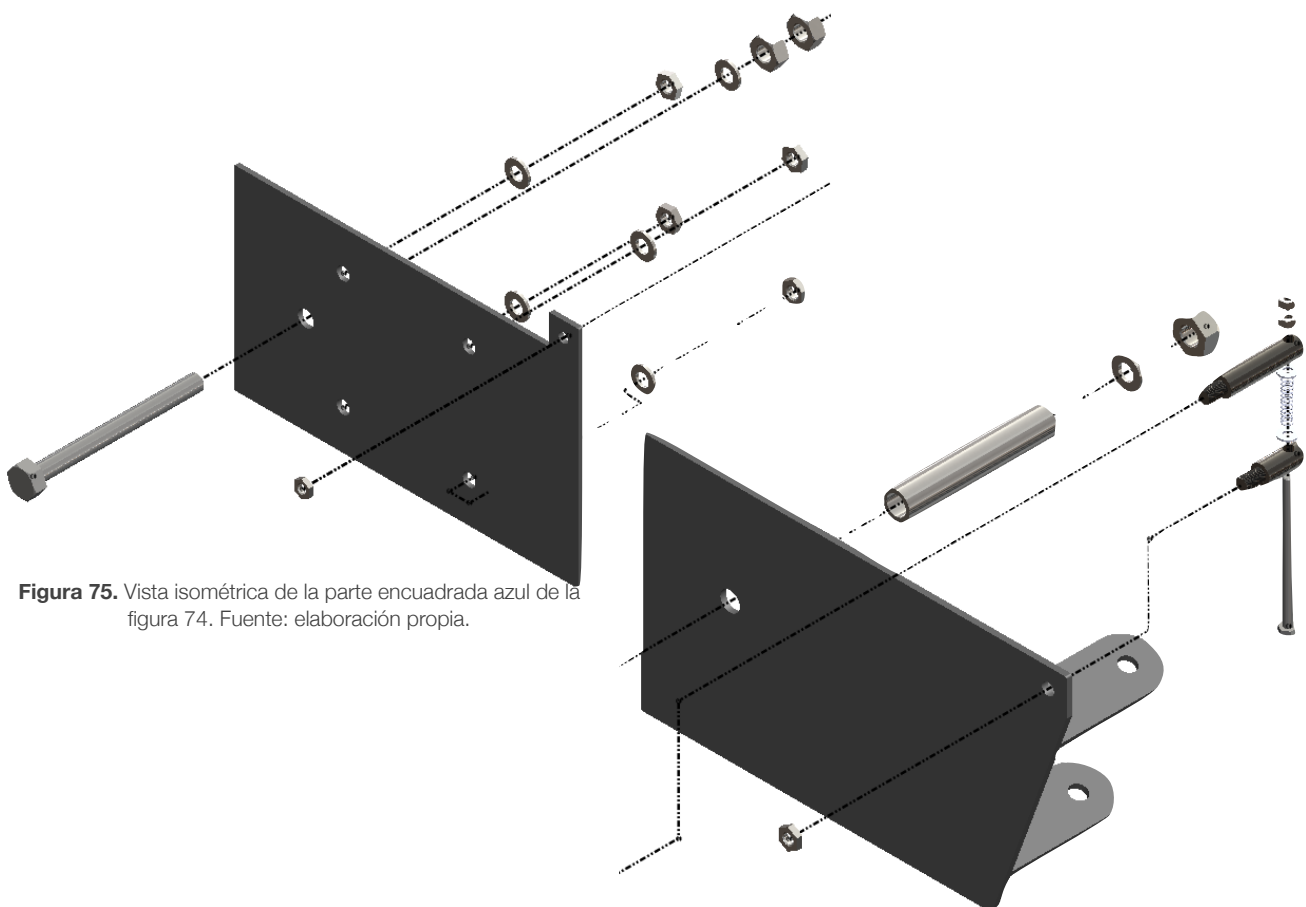


Figura 75. Vista isométrica de la parte encuadrada azul de la figura 74. Fuente: elaboración propia.

Figura 76. Vista isométrica de la parte encuadrada naranja de la figura 74. Fuente: elaboración propia.

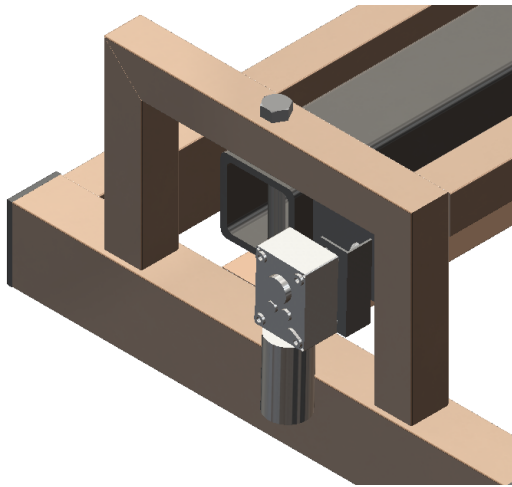


Figura 77. Unión del motor a la varilla roscada.
Fuente: elaboración propia.

A continuación, situamos el motor en uno de los extremos de la estructura. Para ello, primero debemos soldar la “chapa soporte motor en el lateral de la barra, para así poder fijarlo tanto a la estructura como a la varilla roscada, a la cual transmitirá el movimiento.

Por último, acoplamos la amoladora a la estructura, la atornillamos a la estructura con una tornillo M8x20mm y ya tenemos el mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas listo.

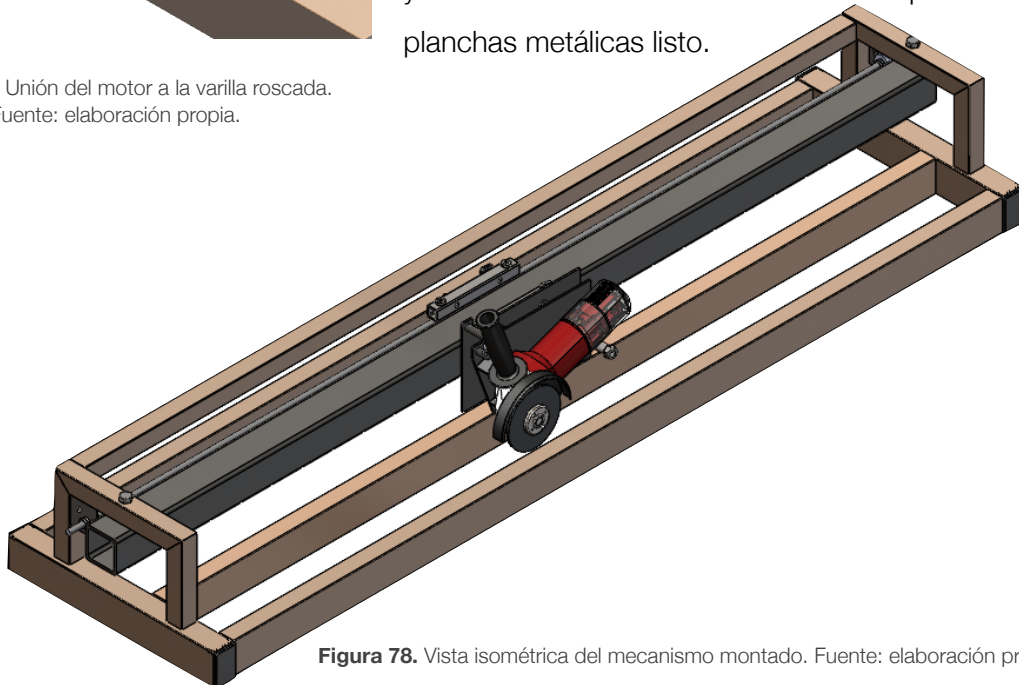


Figura 78. Vista isométrica del mecanismo montado. Fuente: elaboración propia.

Asegúrate de que todas las conexiones y uniones estén firmes y seguras. Aprieta los tornillos y las tuercas según sea necesario, pero ten cuidado de no apretarlos en exceso y dañar los componentes.

Paso 4: Verificación y Pruebas

- 1) Una vez que hayas completado el montaje del mecanismo de avance, verifica nuevamente todas las conexiones y asegúrate de que estén correctamente ajustadas.
- 2) Realiza una prueba de funcionamiento para asegurarte de que el mecanismo de avance se desplaza suavemente y sin obstrucciones. Si encuentras alguna dificultad o problema, revisa los pasos anteriores y verifica que todas las piezas estén correctamente instaladas.

4.

COMUNICACIÓN DEL PRODUCTO

4.1 DEFINICIÓN DE LA PROPUESTA

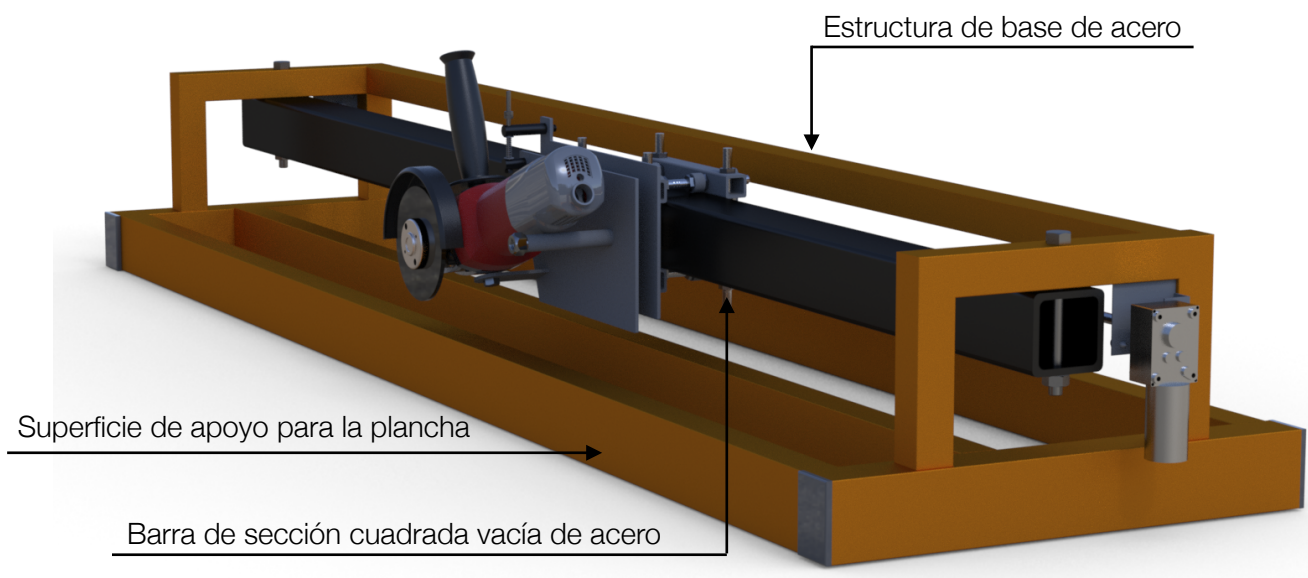


Figura 79. Vista isométrica del mecanismo. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

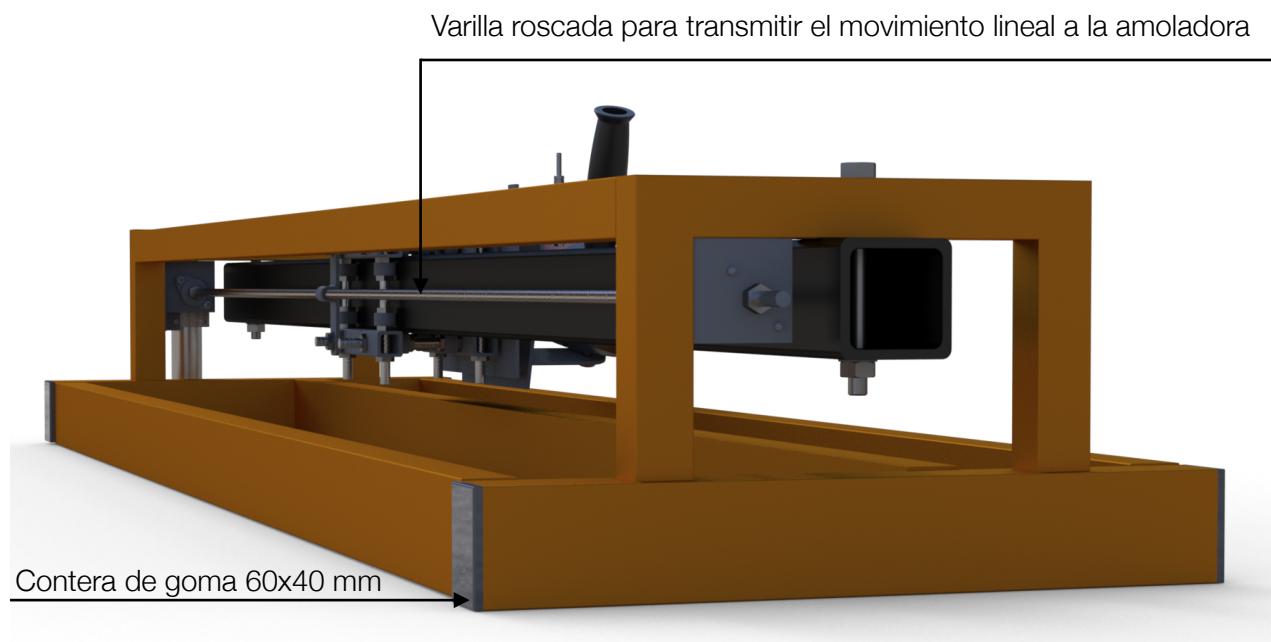


Figura 80. Vista trasera del mecanismo. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

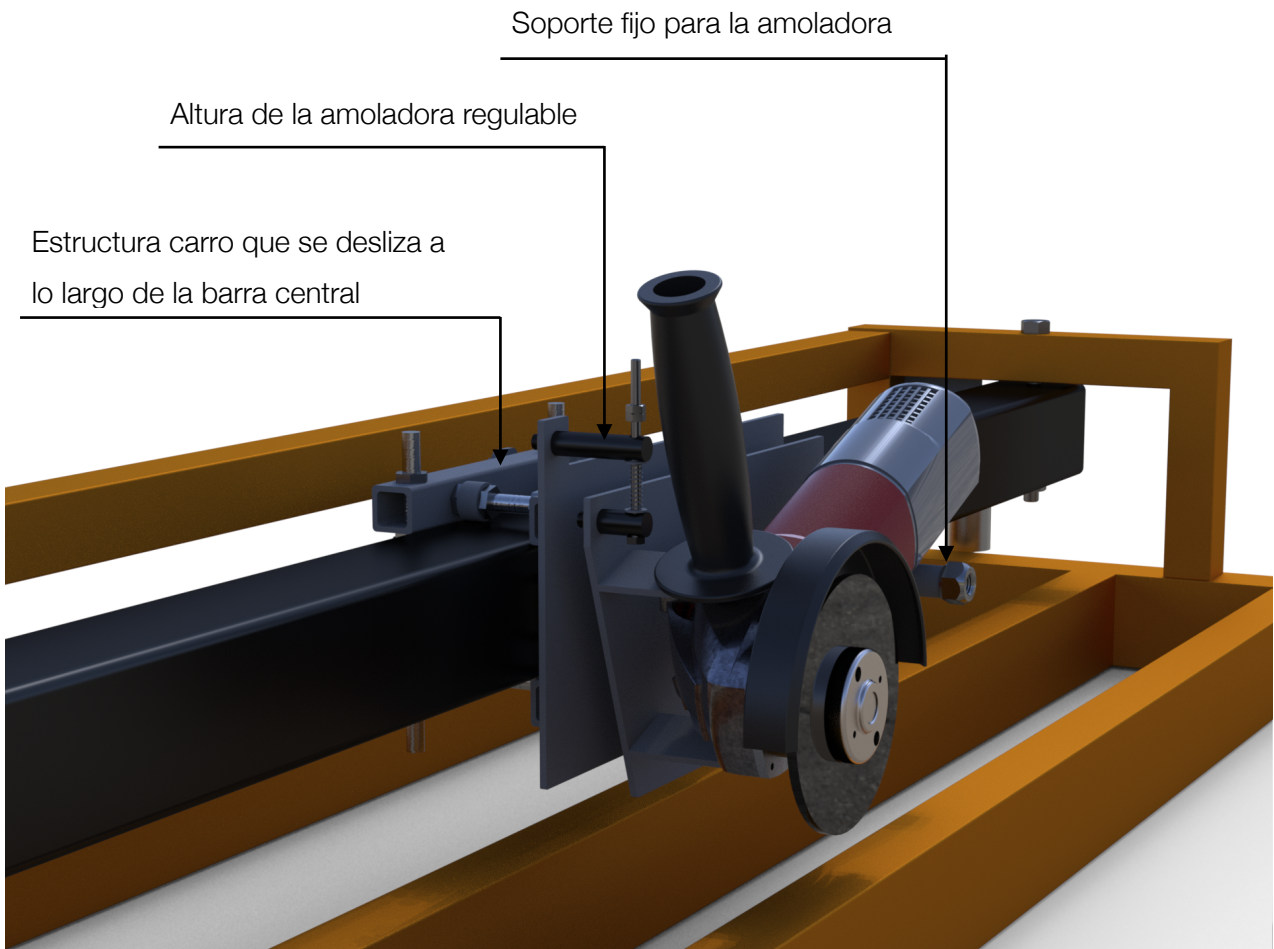


Figura 81. Vista de detalle de la amoladora. Fuente: elaboración propia en SolidWorks.

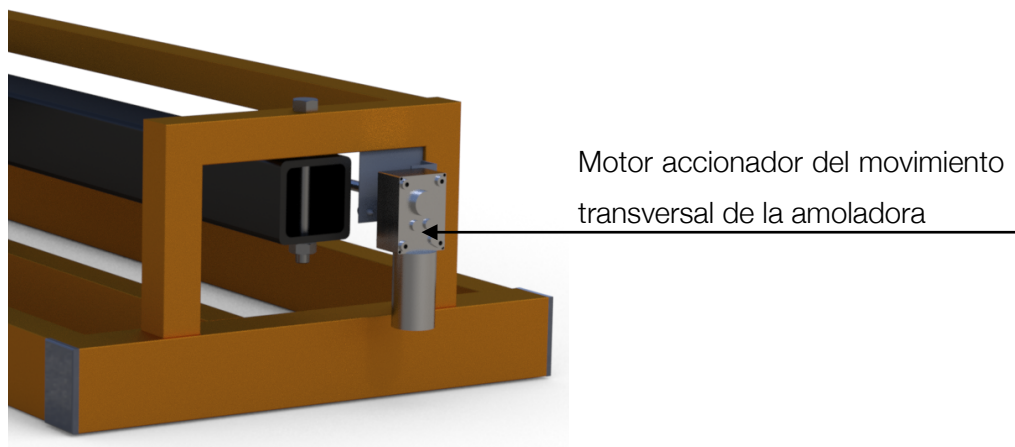


Figura 82. Vista de detalle del motor. Fuente: elaboración propia.

4.2 RENDERS DEL PRODUCTO

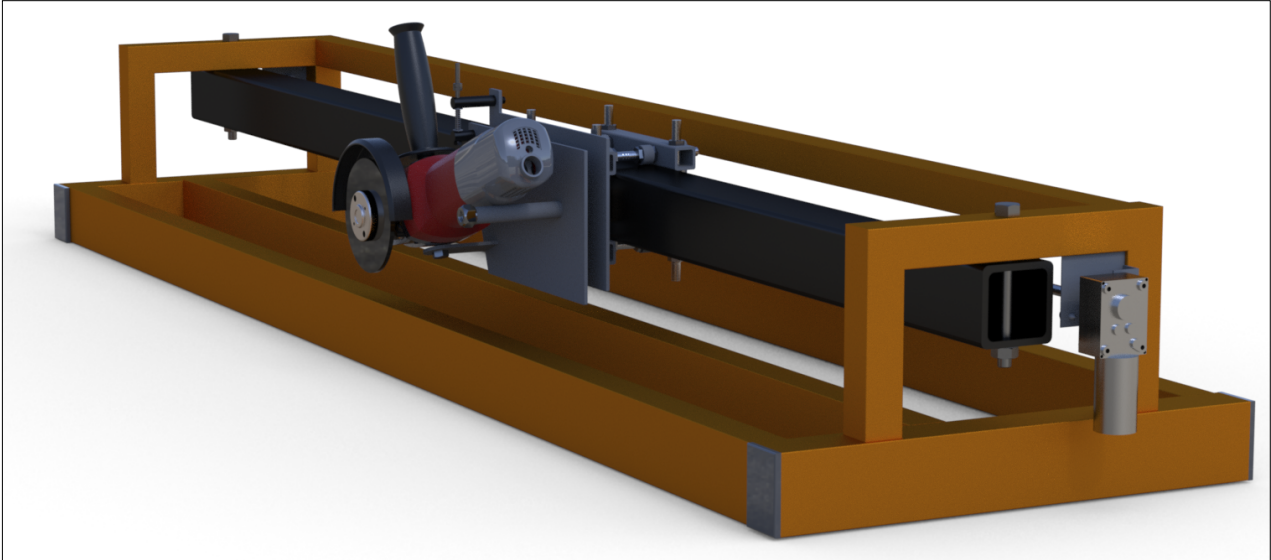


Figura 83. Vista isométrica del mecanismo. Fuente: elaboración propia.

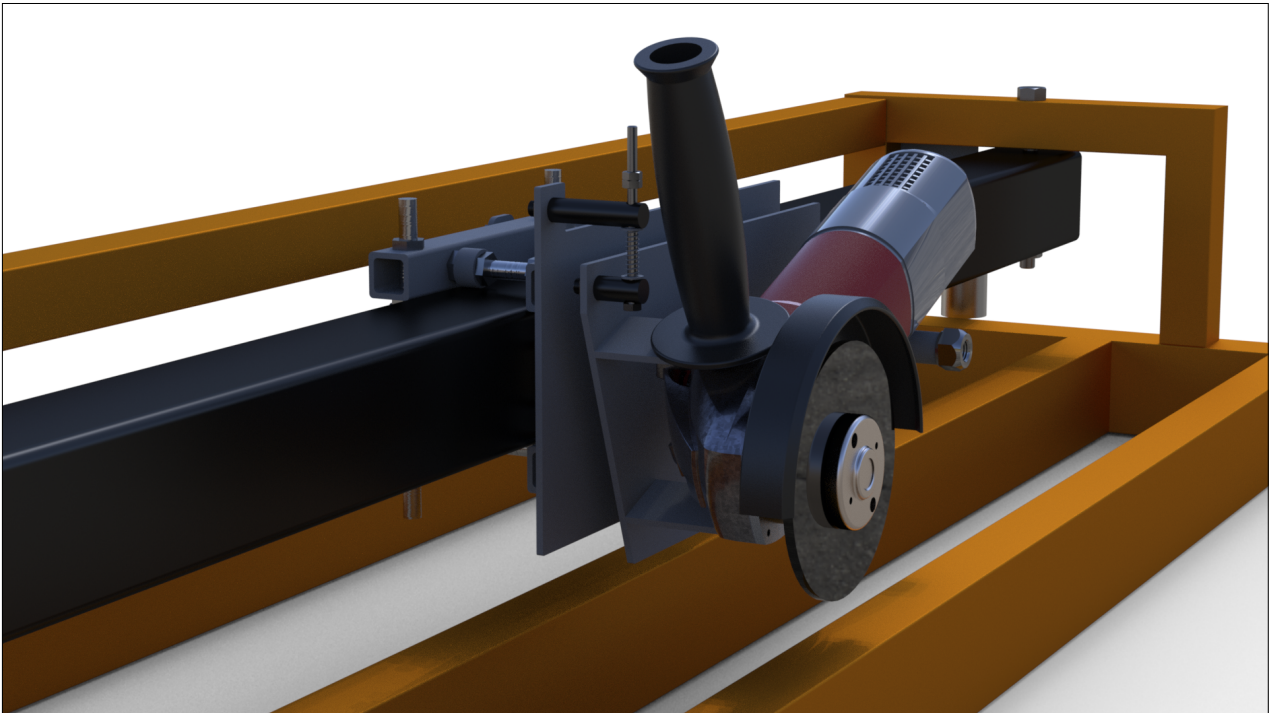


Figura 84. Vista de detalle del carro. Fuente: elaboración propia.

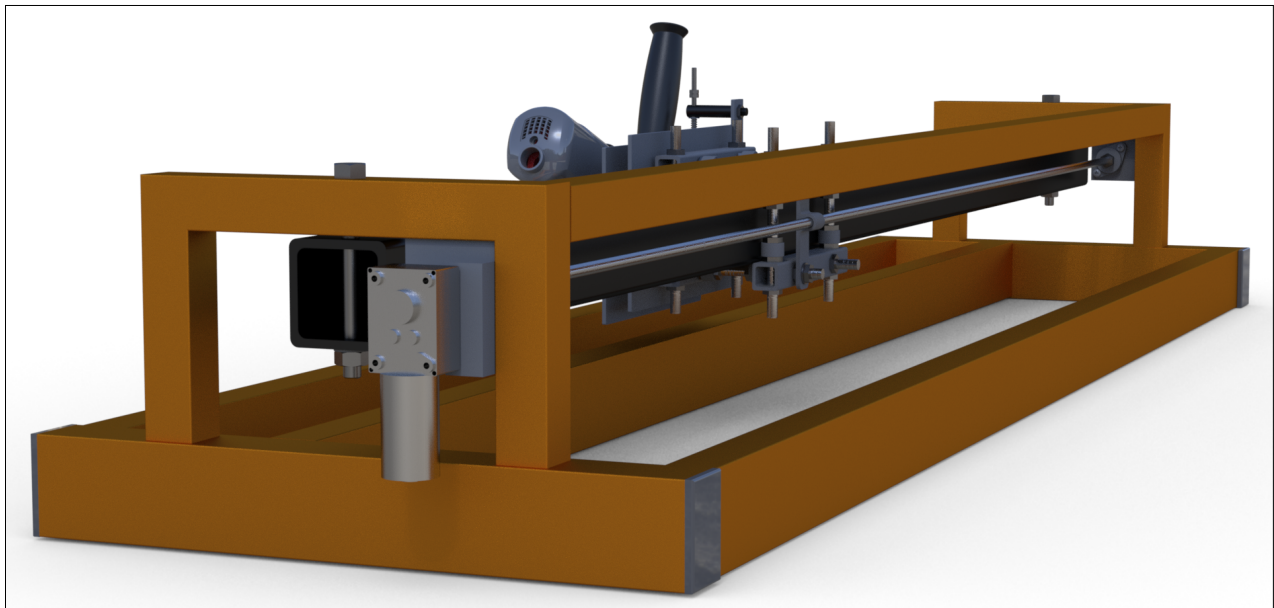


Figura 85. Vista lateral derecho. Fuente: elaboración propia.

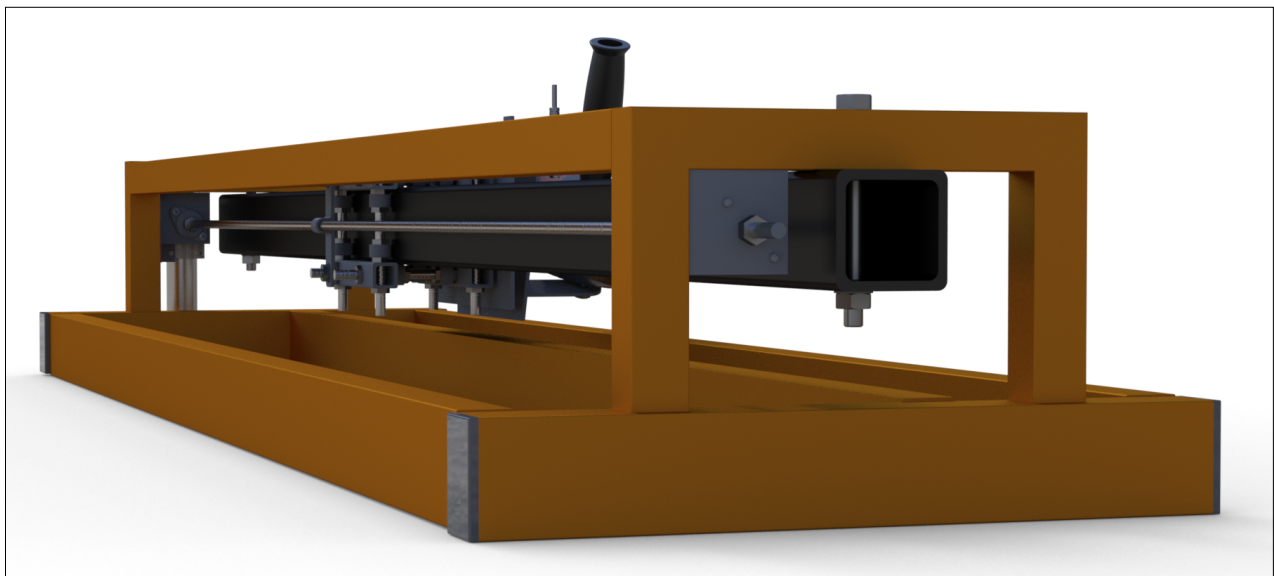


Figura 86. Vista lateral izquierdo. Fuente: elaboración propia.

4.3 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PRODUCTO



Figura 87. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad. Fuente: elaboración propia.

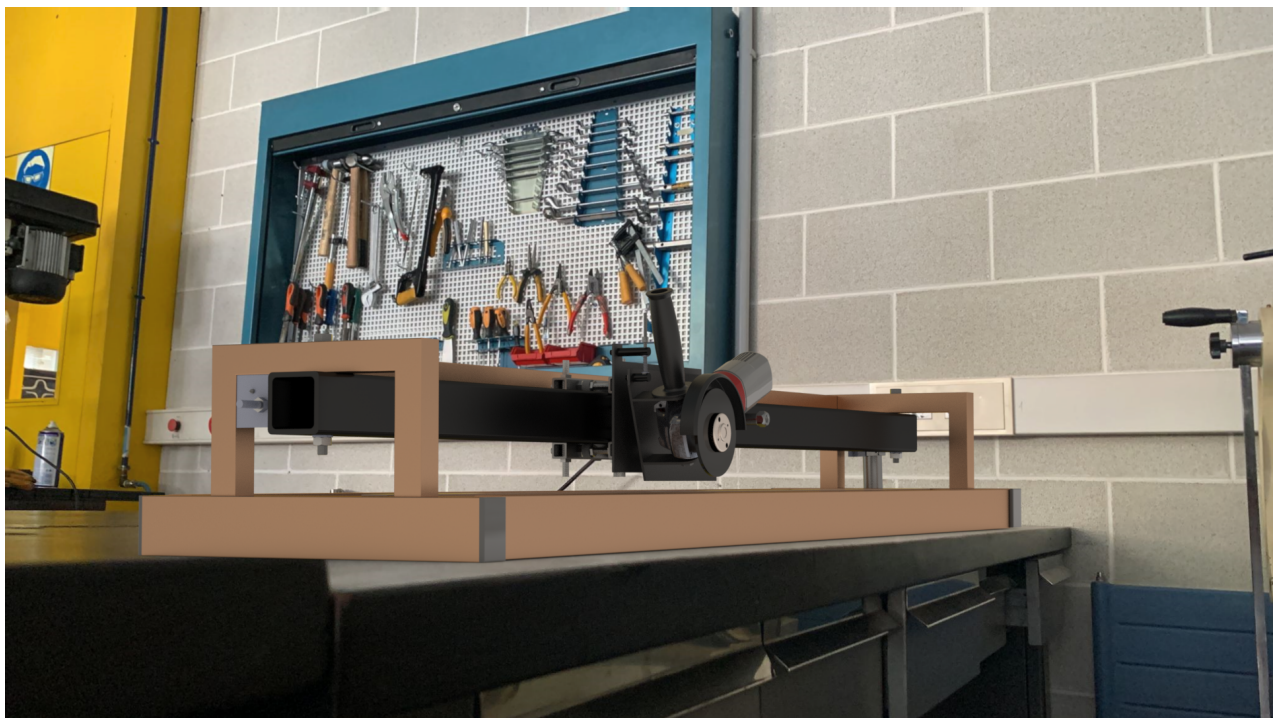


Figura 88. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad. Fuente: elaboración propia.

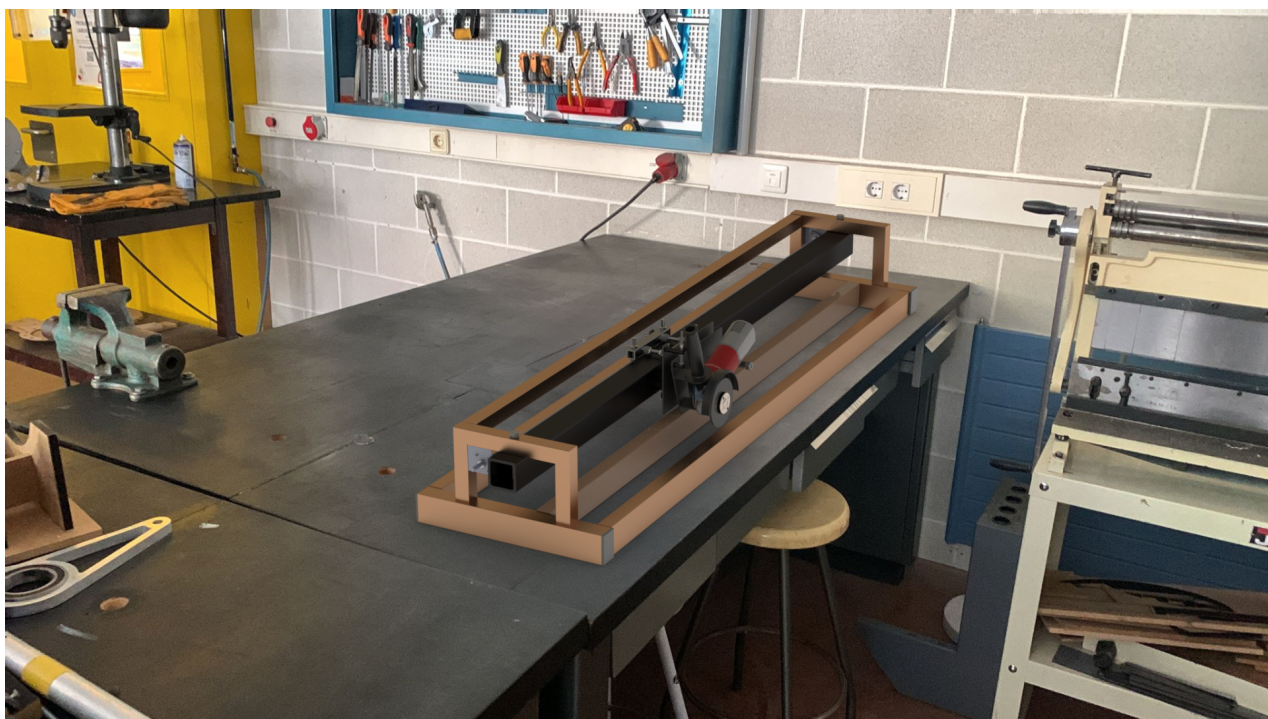


Figura 89. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad. Fuente: elaboración propia.



Figura 90. Puesta en escena del mecanismo de corte en el taller de mecánica de la Universidad. Fuente: elaboración propia.

5.

PRESUPUESTO

A continuación, se muestra el presupuesto total necesario para llevar a cabo el proyecto. Para ello se ha dividido en tres grupos diferentes: los materiales, el tiempo invertido en ingeniería y el tiempo invertido en la fabricación.

5.1 PRESUPUESTO DE MATERIALES

En este apartado se muestra el presupuesto para la compra de materiales necesarios para la elaboración del prototipo y fabricación final.

Por un lado, se muestra el presupuesto del material necesario para la elaboración del prototipo:

PIEZA	MATERIAL	PROVEEDOR	CANTIDAD	PRECIO (€)
Barra arco lateral	PLA	Impresión 3D	4	-
Barra arco superior	PLA	Impresión 3D	2	-
Barra estructura superior	Listón de abeto sin cepillar 32x32mmx2,4m	Leroy Merlin	1	4,59
Barra central	Listón de abeto cepillado 58x58x3m	Leroy Merlin	1	25,29
Barra estructura base lateral	Listón de abeto sin cepillar 38x63x2,4m	Leroy Merlin	1	9,49
Barra estructura base	Listón de abeto sin cepillar 32x63x2,4m	Leroy Merlin	1	15,58
Barra estructura amoladora	PLA	Impresión 3D	4	-
Placa trasera soporte amoladora	PLA	Impresión 3D	1	-
Placa delantera soporte amoladora	PLA	Impresión 3D	1	-
Oreja soporte amoladora	PLA	Impresión 3D	2	-
Chapa soporte amoladora	PLA	Impresión 3D	1	-

PIEZA	MATERIAL	PROVEEDOR	CANTIDAD	PRECIO (€)
Chapa soporte cojinete motor	PLA	Impresión 3D	1	-
Placa soporte motor	PLA	Impresión 3D	1	-
Chapa soporte cojinete	PLA	Impresión 3D	1	-
Varilla roscada central	Varilla roscada M8X2000	Wurth	1	25,58
Varilla roscada 2	GWD STCK DIN976 109 M8X1000	Wurth	1	41,06

Tabla 6. Costes del material para la elaboración del prototipo. Fuente: elaboración propia.

El presupuesto total del material necesario para hacer el prototipo del mecanismo es de **151,59€**.

Por otro lado, el presupuesto de los materiales necesarios para la fabricación final vienen dados en la siguiente tabla:

PIEZA	MATERIAL	PROVEEDOR	CANTIDAD	PRECIO (€)
Barra arco lateral				
Barra arco superior	Perfil forma cuadrada de acero gris, Alt.3 x An.3 x L.200 cm	Leroy Meriln	1	15,79
Barra estructura superior				
Barra central	Tubo de hierro galvanizado cuadrado espesor 1,5mm (60mm x 60mm LARGO 2000mm)	Amazon	1	57,11
Barra estructura base lateral	Tubo rectangular de hierro bruto, sección 60 x 40 x 2 mm. Longitud 3 metros Taliani Ferro	Amazon	1	45,44
Barra estructura base	Tubo rectangular 60 x 30 x 2-LG 6 m	MDFeshop by Maisondufer	1	36,97
Barra estructura amoladora	Perfil forma cuadrada de acero gris, Alt.2 x An.2 x L.100 cm	Leroy Meriln	1	5,99

PIEZA	MATERIAL	PROVEEDOR	CANTIDAD	PRECIO (€)
Plancha trasera soporte amoladora	Chapa Acero Galvanizado 3 mm espesor, a medida	BricoMetal	1	15,20
Plancha delantera soporte amoladora	Chapa Acero Galvanizado 3 mm espesor, a medida	BricoMetal	1	15,20
Oreja soporte amoladora	Chapa Acero Galvanizado 3 mm espesor	BricoMetal	1	15,20
Chapa soporte cojinete motor				
Placa soporte motor				
Chapa soporte cojinete				
Soporte mecanismo transmisor	Chapa Acero Galvanizado 3 mm espesor, a + tuerca de acoplamiento M8x20mm	Amazon	1	19,16
Varilla roscada central	Varilla roscada M8X2000	Wurth	1	25,58
Varilla roscada 2	GWD STCK DIN976 109 M8X1000	Wurth	1	41,06

Tabla 7. Costes del material para la elaboración del mecanismo final. Fuente: elaboración propia.

El presupuesto total de los materiales para la fabricación del mecanismo final es de **292,70€**.

Por último, las piezas normalizadas necesarias y su presupuesto es:

MATERIAL	PROVEEDOR	CANTIDAD	PRECIO (€)
Tuerca hexagonal DIN 933 M8	Amazon	64	8,99
Tuerca hexagonal DIN 933 M10	Amazon	4	10,99
Tuerca hexagonal DIN 985 M10	Amazon	1	7,60
Tuerca hexagonal DIN 933 M6	Amazon	2	6,99
Tuerca M4	Amazon	2	6,99
Arandela DIN 125 M8	Amazon	16	4,99

MATERIAL	PROVEEDOR	CANTIDAD	PRECIO (€)
Arandela DIN 125 M10	Amazon	4	3,99
Arandela M4	Amazon	2	3,94
Tornillo M10x110mm	Amazon	3	36,36
Tornillo M4	Amazon	1	9,99
Casquillo M10x80mm	Amazon	1	8,30
Rodamiento de bolas 698-2RS 8x22x7	Amazon	16	15,49
Cojinete con soporte Ø8mm	Amazon	2	11,59
Muelle		1	5,73

Tabla 8. Costes de piezas normalizadas. Fuente: elaboración propia.

El presupuesto total de las piezas normalizadas quedaría de un total de **141,94€**.

Por lo tanto, el presupuesto total en cuanto a materiales necesarios es de un total de **586,23€**.

5.2 PRESUPUESTO TIEMPO DE INGENIERÍA

En este apartado se pretende dar un presupuesto aproximado a las horas de ingeniería dedicadas en este proyecto: conceptualización, diseño, modelado 3D y cálculo del mecanismo de corte. Para ello, se deben fijar qué personal está implicado en ello y que tarifa tiene cada uno. Cabe destacar, que para hacer el cálculo de este apartado se ha considerado que una ingeniera junior es la que se hace cargo de todos los procesos necesarios para llevar a cabo el proyecto. En una situación real, esta faena se vería dividida por diferentes personas y este presupuesto se vería modificado considerablemente.

TIPO DE PERSONAL	TARIFA (€/H)
Ingeniero/a Junior	20

Tabla 9. Sueldo ingeniero/a junior. Fuente: elaboración propia.

Por otro lado, se deben definir todos los puntos desarrollados durante la elaboración del proyecto, así como la cantidad de horas empleadas en cada uno de ellos.

	HORAS	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Estudio del mecanismo	20	20	400
Cálculos del proyecto	30	20	600
Diseño 3D	50	20	1.000
Elaboración plano conjunto	20	20	400
Elaboración plano despiece	30	20	500
Fabricación	30	20	500
Elaboración memoria técnica	40	20	800
Elaboración anexos memoria	40	20	800
Gestión administrativa	10	20	200
TOTAL	-	-	5.200 €

Tabla 10. Costes de ingeniería. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el presupuesto total para las horas de ingeniería invertidas en este proyecto sería de **5.200€**.

5.3 PRESUPUESTO TIEMPO DE FABRICACIÓN

En cuanto al presupuesto por tiempo de fabricación necesaria para obtener un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas como el de este proyecto se contemplan varios aspectos. Por un lado, hay una serie de piezas que deben ser enviadas para que se fabriquen mediante láser. Estas piezas son:

- ❖ Oreja soporte amoladora
- ❖ Chapa soporte cojinete motor
- ❖ Chapa soporte cojinete
- ❖ Soporte mecanismo transmisor
- ❖ Placa soporte motor

Teniendo en cuenta que el coste aproximado del corte por láser es de 5€/min y considerando un tiempo total de corte de los elementos anteriormente listados de 25min, el coste total por corte de láser sería de **125€**.

Por otro lado, otras partes del motor son fabricadas gracias a la maquinaria de la que se dispone en la universidad:

- ❖ Barra arco lateral
- ❖ Barra arco superior
- ❖ Barra estructura superior
- ❖ Barra central
- ❖ Barra estructura base lateral
- ❖ Barra estructura base
- ❖ Barra estructura amoladora
- ❖ Soporte mecanismo transmisor
- ❖ Placa trasera soporte amoladora
- ❖ Placa delantera soporte amoladora
- ❖ Placa soporte motor
- ❖ Varilla roscada central
- ❖ Varilla roscada 2

Con tal de poder obtener el presupuesto de fabricación de estos tres componentes, en primer lugar, se fijan las tarifas de fabricación según la máquina utilizada.

MÁQUINA HERRAMIENTA	TARIFA (€/H)
Operaciones manuales	25

Tabla 11. Costes de piezas normalizadas. Fuente: elaboración propia.

Para presentar el coste de cada una de las piezas que se tienen que mecanizar, se elabora una tabla para cada una de ellas, donde se especifica el tiempo de fabricación, el material y el proceso a llevar a cabo.

BARRA ESTRUCTURA BASE			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 1500mm	2	25	0,84
TOTAL			0,84 €

Tabla 12. Costes de fabricación de la barra estructura base. Fuente: elaboración propia.

BARRA ESTRUCTURA SUPERIOR			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 1500mm	2	25	0,84
TOTAL			0,84 €

Tabla 13. Costes de fabricación de la barra estructura superior. Fuente: elaboración propia.

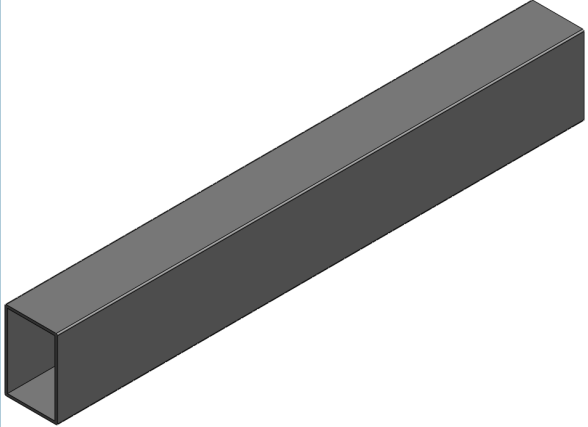
BARRA ESTRUCTURA BASE LATERAL			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 400mm	2	25	0,84
TOTAL			0,84 €

Tabla 14. Costes de fabricación de la barra estructura base lateral. Fuente: elaboración propia.

BARRA CENTRAL			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 1600mm	2	25	0,84
Marcar centro del orificio para su posterior perforación	0,5	25	0,21
Realización de 2 agujeros M10	1	25	0,42
TOTAL			1,47 €

Tabla 15. Costes de fabricación de la barra central. Fuente: elaboración propia.

BARRA ARCO SUPERIOR			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 250mm	2	25	0,84
Cortar con una inclinación de 45° las dos caras laterales	2	25	0,84
Marcar centro del orificio para su posterior perforación	0,25	25	0,11
Realización de 1 agujero M10	0,5	25	0,21
TOTAL			2,00 €

Tabla 16. Costes de fabricación de la barra arco superior. Fuente: elaboración propia.

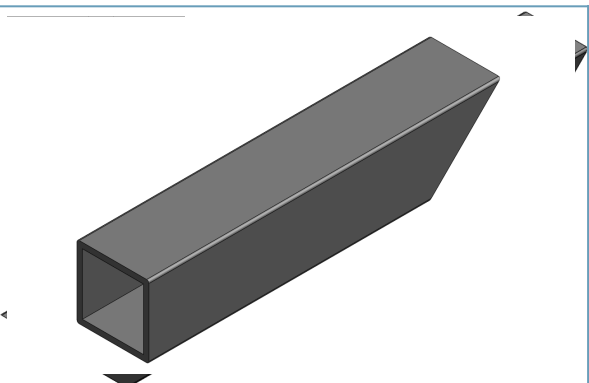
BARRA ARCO LATERAL			
	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 150mm	2	25	0,84
Cortar con una inclinación de 45° una cara lateral	2	25	0,84
TOTAL			1,68 €

Tabla 17. Costes de fabricación de la barra arco lateral. Fuente: elaboración propia.

BARRA ESTRUCTURA AMOLADORA			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 160mm	2	25	0,84
Marcar centro de los orificios para su posterior perforación	1	25	0,42
Realización de 4 agujeros de M8 de diámetro	2	25	0,84
TOTAL			2,1 €

Tabla 18. Costes de fabricación de la barra estructura amoladora. Fuente: elaboración propia.

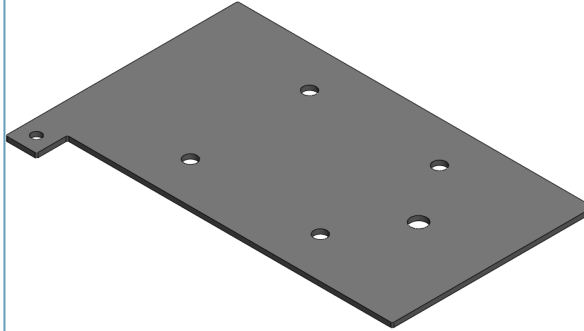
PLANCHA TRASERA SOPORTE AMOLADORA			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar chapa metálica según geometría	2	25	0,84
Marcar centro de los orificios para su posterior perforación	1,5	25	0,63
Realización de 4 agujeros de M8 de diámetro	2	25	0,84
Realización de 1 agujero de M10 de diámetro	0,5	25	0,21
Realización de 1 agujero de M6 de diámetro	0,5	25	0,21
TOTAL			2,73 €

Tabla 19. Costes de fabricación de la plancha trasera soporte amoladora. Fuente: elaboración propia.

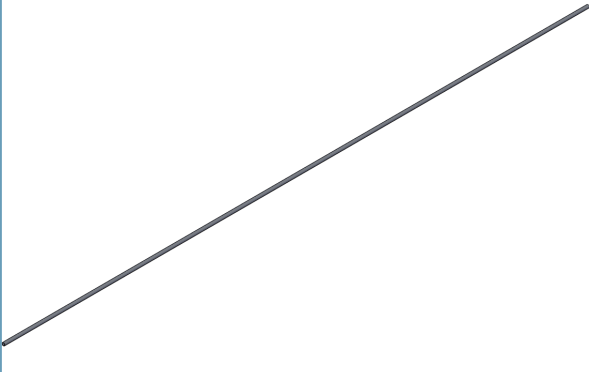
VARILLA ROSCADA CENTRAL			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 1600mm	1	25	0,42
TOTAL			0,42 €

Tabla 20. Costes de fabricación de la varilla roscada central. Fuente: elaboración propia.

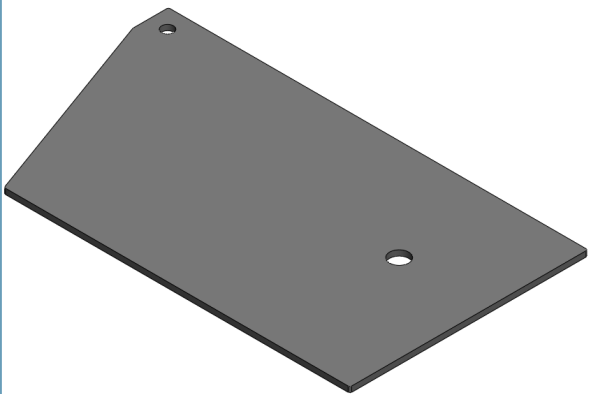
PLACA DELANTERA SOPORTE AMOLADORA			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar chapa según geometría	2	25	0,84
Marcar centro del orificio para su posterior perforación	0,5	25	0,21
Realización de 1 agujero de M6 de diámetro	0,5	25	0,21
Realización de 1 agujero de M10 de diámetro	0,5	25	0,21
TOTAL			1,47 €

Tabla 21. Costes de fabricación de la plancha delantera soporte amoladora. Fuente: elaboración propia.

VARILLA ROSCADA AMOLADORA			
PROCESO	TIEMPO (MIN)	TARIFA (€/H)	TOTAL (€)
Cortar a longitud 140mm	1	25	0,42
TOTAL			0,42 €

Tabla 22. Costes de fabricación de la varilla roscada amoladora. Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, el precio total del corte de los elementos listados anteriormente sería de **13,97€**.

Por otro lado, este mecanismo se tiene que soldar. Este precio de la soldadura se calculará de forma un poco aproximada, debido a que en este proceso se deben tener en cuenta muchas cosas que debido a nuestra falta de experiencia no conocemos. Las piezas que deben ser soldadas son:

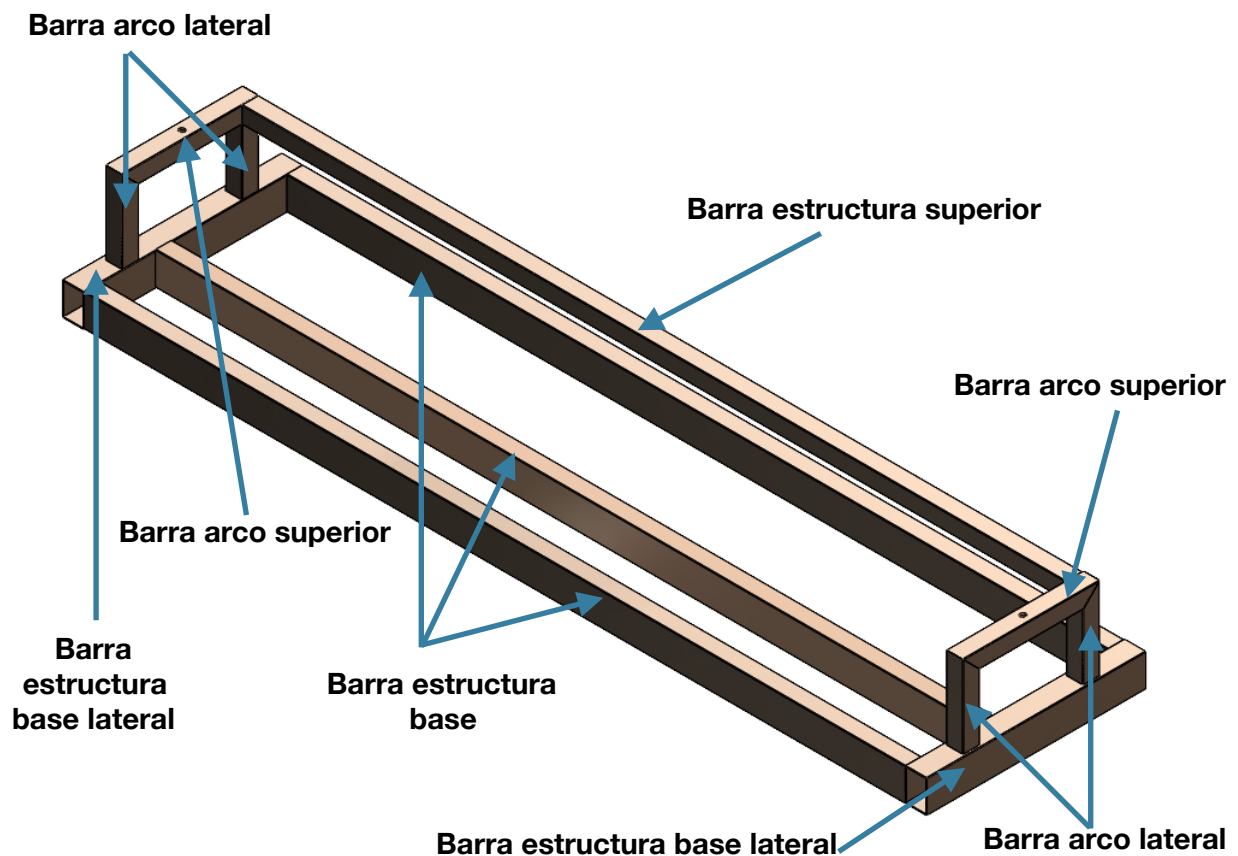


Figura 91. Estructura soldada del mecanismo. Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el precio que puede cobrar un soldador profesional es de 20€/h, aproximadamente, considerando el tiempo de soldadura, limpieza de acabados y pintura de unas 10h, el precio de soldadura de este conjunto sería de **200€**.

Por tanto, el presupuesto final para las horas de fabricación del mecanismo es de un total de **338,97€**.

5.4 PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

A continuación, se pretende calcular el presupuesto total del proyecto, teniendo en cuenta todos los puntos anteriormente desarrollados.

Por un lado, se ha hecho el presupuesto necesario para la compra de materiales y este a resultado ser de **586,23€**.

Por otro lado, las horas de ingeniería empleadas en el proyecto sumarían un valor de **5.200€**.

Y, por último, en cuanto a las horas de fabricación, el presupuesto sería de **338,97€**.

Por lo tanto, el coste total del proyecto, sumando todas las partes, tendría un valor de **6.125,2€**.

A continuación, se muestra mediante el siguiente gráfico circular, el desglose de cada uno de los costes previamente estudiados y qué representan cada uno de ellos en relación al total.

PRESUPUESTO TOTAL DEL PROYECTO

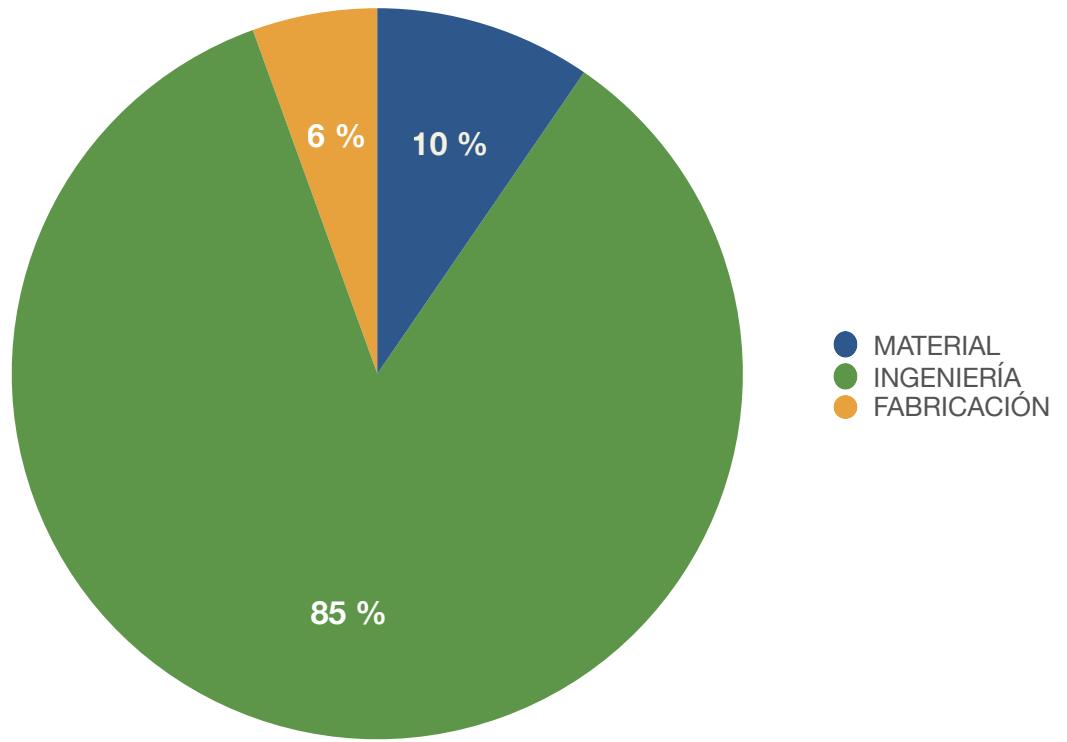


Figura 92. Representación gráfica del presupuesto total del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Una vez estimado el presupuesto del proyecto cabe destacar que, a la hora de elaborarlo se ha tenido en cuenta que simplemente se va a crear y fabricar un solo modelo del proyecto, no está pensado para ser producido en serie. Por lo tanto, no es necesario realizar el análisis de viabilidad y, por consiguiente, no es necesario calcular ni el VAN (Valor Actual Neto) ni el TIR (Tasa Interna de Retorno).

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el presente proyecto se puede afirmar que cumple con las bases fijadas en la fase inicial. El objetivo principal de esta investigación: el estudio del proceso necesario para llevar a cabo un diseño y construcción de un producto desde el punto de vista de un diseñador industrial, se ha podido desarrollar satisfactoriamente.

A la hora de realizar el modelado 3D del mecanismo, aun habiendo necesitado realizar varios diseños antes de llegar al definitivo y, por lo tanto, dedicarle gran parte del tiempo a ello, el resultado final ha sido gratamente óptimo. El hecho de haber podido construir una maqueta del diseño final ha permitido poder confirmar que el diseño es viable y cumple con su función correctamente, además de darnos una aproximación del proceso de montaje necesario para poder tener el mecanismo final.

Como ya sabemos, diseñar y construir un mecanismo de avance para el corte de chapa metálica con muelas abrasivas, sin tener muchos ejemplos de referencia, no es tarea sencilla y requiere de gran tiempo y dedicación, pero, aunque no se haya podido construir el producto final al completo, todo el estudio de diseño y cálculo, así como las pruebas de fabricación ya realizadas servirán de gran ayuda para poder finalizar este proyecto con grandes resultados.

Por otro lado, he adquirido grandes conocimientos acerca de los diferentes métodos de fabricación y de todos los pasos y elementos necesarios para llegar a ello, como sería la elaboración de las hojas de ruta de las diferentes piezas con sus respectivos cálculos de los parámetros necesarios para llevar a cabo la fabricación de estas.

En conclusión, se han conseguido todos los objetivos marcados al iniciar el proyecto consiguiendo así realizar un diseño y fabricación de un mecanismo de avance para el corte de planchas metálicas con muelas abrasivas. Sin embargo, este proyecto es solo un primer paso para el desarrollo y fabricación final del mecanismo de corte que servirá para que cualquier persona que acceda al taller de mecánica de la EPSEVG pueda hacer uso de este y no tener tantas limitaciones a la hora de llevar a cabo sus proyectos.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera dar las gracias a mi tutor de proyecto, Hernán González Rojas, porque a pesar de sus tantos trabajos y faena que pudiera tener siempre encontraba un hueco para mí, ayudarme en todo lo que necesitara, enseñarme tantísimas cosas nuevas y hacer de este proyecto mucho más ameno y llevadero, disfrutándolo al máximo pese a su dificultad.

También agradecerle la oportunidad de poder diseñar un mecanismo cuya finalidad sea ayudar a la comunidad del campus a poder desarrollar sus productos con más recursos.

Y, por último, agradecer a familiares y amigos su constante apoyo, ánimo y paciencia conmigo durante estos largos meses de duro trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Kalpakjian, Serop; Schmid, Steven R.; Kok, Chi-Wah. Manufacturing processes for engineering materials, 2008

[2] Groover, Mikell P. Principles of modern manufacturing, cop. 2013

[3] Youssef, Helmi A.; El-Hofy, Hassan A.; Ahmed, Mahmoud H. Manufacturing technology: materials, processes and equipment, cop. 2012

[4] Herramientas de Corte | 22 ejemplos Y características. Disponible en: <https://como-funciona.co/herramientas-de-corte/>

[5] Esmeriladora | Para Que sirve, tipos, partes Y Como funciona. Disponible en: <https://como-funciona.co/una-esmeriladora/>

[6] Tecnologías de Corte de Chapa. Disponible en: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/12110-Tecnologias-de-corte-de-chapa.html>

[7] Procesos de Corte de Chapa metálica. Talleres Avance. Disponible en: <https://www.t-avance.com/procesos-corte-chapa-metal/>

[8] Punzonado. MIPSAs | Metales Industriales de Puebla S.A. de C.V.. Disponible en: <https://www.mipsa.com.mx/procesos/punzonado/>

[9] Amoladora de Angulo de gas v1 modelo 3d - Free3D. Disponible en: <https://free3d.com/es/modelo-3d/gas-angle-grinder-v1--182035.html>

[10] Free CAD designs, files & 3D models | The GrabCAD community library. Disponible en: <https://grabcad.com/library/amoladora-1>

[11] [leroymerlin.es](https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/perfiles-pletinas-chapas-y-rejillas/perfiles/perfil-forma-cuadrada-de-acero-gris-alt-3-x-an-3-x-l-200-cm-80112200.html). Disponible en: <https://www.leroymerlin.es/productos/ferreteria-y-seguridad/perfiles-pletinas-chapas-y-rejillas/perfiles/perfil-forma-cuadrada-de-acero-gris-alt-3-x-an-3-x-l-200-cm-80112200.html>

[12] Tubo de hierro galvanizado Cuadrado espesor 1,5mm (60mm X 60mm LARGO 2000mm) : Amazon.es: Bricolaje Y herramientas. Amazon. Disponible en: https://www.amazon.es/hierro-galvanizado-cuadrado-espesor-2000mm/dp/B08DJ87G2B/ref=sr_1_1?adgrpid=151640955252&gclid=CjwKCAjws7WkBhBFEiwAli168y8W3Sp5QDIvXhRAXextp656yQq-nDDwN6oJyr2vA7x6rNPTV_UnRRoCbYcQAvD_BwE&hvadid=649366196551&hvdev=c&hvlocphy=1005437&hvnetw=g&hvqmt=b&hvrnd=16090189540421537628&hvtargid=kwd-904462232098&hydadcr=7321_2272261&keywords=tubo%2Bcuadrado%2Bde%2Bhierro%2B60x60&qid=1687002904&sr=8-1&th=1

[13] Amazon. Disponible en: https://www.amazon.es/rectangular-sección-Longitud-Taliani-Ferro/dp/B087QQHM DN / r e f = s r 1 1 8 ? __mk_es_ES=ÁMÁŽŃ&crd=A17NMFQ4PYVG&keywords=tubo%2Bcuadrado%2Bde%2Bhierro%2B40x60&qid=1687003148&sprefix=tubo%2Bcuadrado%2Bde%2Bhierro%2B40x60%2Caps%2C148&sr=8-18&th=1

[14] MDFeshop by Maisondufer. Disponible en: <https://www.mdfeshop.com/tubo-rectangular-acero/1913-tubo-rectangular-60-x-30-x-2-lg-6-m-3660004783391.html>

[15] Chapa Acero Galvanizado 3 Mm espesor. BricoMetal. Disponible en: <https://bricometal.com/es/chapas-acero-galvanizado/48-chapa-acero-galvanizado-de-3-mm-espesor-a-medida.html>

[16] <https://bricometal.com/es/chapas-acero-galvanizado/48-chapa-acero-galvanizado-de-3-mm-espesor-a-medida.html>

[17] BIRTLH – Procesos de mecanizado por arranque de viruta. Disponible en: https://ikastaroak.ulhi.net/edu/es/PPFM/DPMCM/DPMCM01/es_PPFM_DPMCM01_Contenidos/website_332_otros_parmetros_de_mecanizado.html

[18] Canales Sectoriales – Parámetros y condiciones de corte en MAV. Disponible en: <https://www.interempresas.net/MetalMecanica/Articulos/26035-Parametros-y-condiciones-de-corte-en-MAV.html>

[19] Grupo tecnología mecánica – Procesos de fabricación. Disponible en: <http://www3.fi.mdp.edu.ar/tecnologia/archivos/TecFab/20.pdf>

[20] González Rojas, Hernán A. Unidad 1: Los Procesos de Fabricación, clasificación de procesos y máquinas. Operación y Programación de Centros de Mecanizado. UPC, Departamento de Ingeniería Mecánica, 2020. Disponible en: [Unidad 1 Los Procesos de Fabricación y Maquinas.pdf](#)

[21] Carrasco Moreno, José; Mallorquín Egea, Salvador. Prácticas y procesos de taller de mecanizado. Segunda edición, 2018. ISBN 9788426726254.

ANEXOS

ANEXO I: PLANOS

ANEXO II: HOJAS DE RUTA

ANEXO III: CATÁLOGOS